



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Propuesta de Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas  
Residuales en la Ciudad de Juli - Puno

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

**AUTOR (ES):**

Canahua Aguilar Abraham Wily (ORCID: 0000-0002-6801-0681)

Saravia Velazco Catherine (ORCID: 0000-0001-6395-1178)

**ASESOR:**

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA- PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiar mis pasos cada día, a mis amados padres Wifredo y Mercedes por su apoyo incondicional, a mi hermana Janet y a mi hijo Luigi por motivarme a seguir adelante.

Abraham Wily Canahua Aguilar

A Dios por su bendición; mi familia y mis grandes amistades por ser mi soporte y parte fundamental de mi vida por su aliento de superación.

Catherine Saravia Velazco

## **AGRADECIMIENTO**

A la “Universidad Cesar Vallejo” por brindarnos la oportunidad de concretar esta linda carrera, al Mg. Samir Augusto Arévalo Vidal por la valiosa asesoría brindada en el presente trabajo de investigación.

Abraham Wily Canahua Aguilar

Al Mg. Samir Augusto Arévalo Vidal por la asesoría en la presente investigación, a los profesionales que me impartieron la cátedra.

Catherine Velazco Saravia

## Índice de contenidos

<b>CARÁTULA .....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	30
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	30
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	31
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	31
3.5. PROCEDIMIENTOS .....	33
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS .....	38
3.7. ASPECTOS ÉTICOS .....	39
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>65</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1 Tipos de aguas residuales .....	9
Tabla 2 Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.....	11
Tabla 3 Categoría 3, Reúso en riego y animales para los efluentes de PTAR...	11
Tabla 4. Niveles y procesos de tratamientos de aguas residuales.....	29
Tabla 5. Variables y operacionalización .....	30
Tabla 6. Comparación de Resultados en la estación PTAR01 con D.S. N° 003-2010-MINAM. ....	42
Tabla 7. Comparativo de resultados de monitoreo de PTAR01 con D.S. N° 004-2017-MINAM.. ....	43
Tabla 8. Cálculos de dimensionamiento.....	51
Tabla 9. Cálculos del dimensionamiento del arenador.....	53
Tabla 10. Cálculos del dimensionamiento del sedimentador secundario .....	60

## Índice de Figuras

FIGURA. 1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE MSL – EXPERIMENTO BASADO EN DISEÑO FACTORIAL .....	5
FIGURA 2. CADENA COMPLETA DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS POR LODOS ACTIVADOS .....	19
FIGURA 3. DESBASTE DE RESIDUOS EN PTAR (PRIETO, 2016) .....	20
FIGURA 3. DESARENADOR DE 2 UNIDADES EN PARALELO (PLANTA).....	21
FIGURA 4. CANALETA PARSHALL.(OPS 2005).....	21
FIGURA 5. VISTA EN PLANTA CANALETA PARSHALL .....	22
FIGURA 6. CLASIFICACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	40
FIGURA 7. IDEALIZACIÓN GEOMÉTRICA DEL CANAL DE INGRESO A LA PLANTA. ....	50
FIGURA 08. IDEALIZACIÓN GEOMÉTRICA DEL DESARENADOR. ....	54
FIGURA 09. IDEALIZACIÓN GEOMÉTRICA DEL TANQUE IMHOFF. ....	56
FIGURA 10. IDEALIZACIÓN GEOMÉTRICA DE LA SECCIÓN DEL TANQUE IMHOFF. ....	57
FIGURA 11. IDEALIZACIÓN GEOMÉTRICA DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO.....	62

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por **objetivo** proponer un diseño de planta de tratamiento para mitigar y tratar las aguas residuales que generan contaminación en el lago Titicaca y la ciudad de Juli, el tipo de metodología es una investigación del tipo aplicada.

Los resultados obtenidos de los parámetros físico químicos son aceites y grasas, D-B-O, D-Q-O, pH, S-S-Totales en la estación de monitoreo PTAR01 se encuentran por debajo del L-M-P, los contenidos de coliformes fecales en la ubicación de monitoreo PTAR01 superan los L-M-P. indicados en el D-S. N° OO3-2010-MINAM.

El terreno del área de investigación es arenosa pobremente graduada color gris plomizo en estado semi compacto, el terreno clasificado por SUCS como SP. con una profundidad de cimentación recomendada de -1.20 metros, con un  $Q_{adm}=0.98\text{Kg/cm}^2$ .

El diseño hidráulico propuesto, es de tipo combinado (Aerobio y Anaerobio) con un tratamiento primario de tanque Imhoff de 4.30 metros de largo por 4.20 metros de ancho por 4.90 metros de profundidad, el tratamiento secundario con filtros percoladores de 26.00 metros de largo por 5.50 metros de ancho por 2.00 metros de alto y un sedimentador secundario de 4.30 metros de largo por 1.75 metros de ancho por 2.00 metros de profundidad, y el tratamiento terciario con una cámara de cloración de 26.70 metros de Largo por 0.40 metros de ancho por 1.10 metros de profundidad, todas estas estructuras están diseñadas en pares para garantizar su eficiencia de entre (80 a 90)% y su funcionamiento durante el mantenimiento y/o falla, con un tratamiento de SST hasta 25.3 mg/L, DBO hasta 29.3 mg/L y reducción de coliformes totales hasta un 90% en la salida.

**Palabras clave:** Tratamiento de aguas residuales, diseño hidráulico, DBO, DQO, SST.

## ABSTRACT

The objective of this research work is to propose a treatment plant design to mitigate and treat wastewater that generates pollution in Lake Titicaca and the city of Juli, the type of methodology is an applied type investigation.

The results obtained from the physical-chemical parameters are oils and fats, D-B-O, D-Q-O, pH, S-S-Totals in the PTAR01 monitoring station are below L-M-P, the fecal coliform contents in the PTAR01 monitoring location exceed L-M-P. indicated in the D-S. No. OO3-2010-MNAM.

The terrain of the research area is sandy, poorly graded, leaden gray, in a semi-compact state, the terrain classified by SUCS as SP. with a recommended foundation depth of -1.20 meters, with a  $Q_{adm} = 0.98 \text{Kg} / \text{cm}^2$ .

The proposed design is of a combined type (Aerobic and Anaerobic) with a primary treatment of the Imhoff tank 4.30 meters long by 4.20 meters wide by 4.90 meters deep, the secondary treatment with trickling filters 26.00 meters long by 5.50 meters of width by 2.00 meters high and a secondary settler 4.30 meters long by 1.75 meters wide by 2.00 meters deep, and the tertiary treatment with a chlorination chamber 26.70 meters long by 0.40 meters wide by 1.10 meters deep , all these structures are designed in pairs to guarantee their efficiency of between (80 to 90)% and their operation during maintenance and / or failure, with a treatment of SST up to 25.3 mg / L, BOD up to 29.3 mg / L and reduction of total coliforms up to 90% at the outlet.

**Keywords:** Wastewater treatment, hydraulic design, DBO, DQO, SST.

## I. INTRODUCCIÓN

La problemática del tratamiento de aguas residuales en el mundo, es clave para proteger la salud y el medio ambiente “Las aguas residuales representan un recurso muy valioso, debido a la disponibilidad limitada de agua dulce en el mundo y a la demanda al alza”, estimó Guy Ryder, Director General de la ONU-Agua, en reunión de la Jornada Mundial del Agua, transcurrido varias décadas, la humanidad ha consumido agua a un ritmo más rápido que su obtención natural, asistiendo en algunas regiones al hambre, la enfermedad, la migración y hasta los conflictos regionales.

En el mundo, 80% de las aguas no son tratadas, una media que corresponde también a América Latina y el Caribe (entre 70 y 80%) para las aguas recuperadas de las redes del alcantarillado urbano, principal fuente de contaminación hídrica. En los países más ricos tratan 70% de las aguas residuales que generan, un dato que cae hasta 38% en las naciones de renta media y a 8% entre las más pobres, según el informe publicado por ONU-Agua y la Unesco.

No obstante, algunos países han extendido considerablemente el tratamiento de las aguas residuales urbanas y Brasil, México y Uruguay reciclan más de la mitad del total, mientras que el tratamiento en Chile es casi universal, según estudios.

Las enfermedades relacionadas con el agua cobran 3.5 millones de vidas anuales en América Latina, África y Asia, un dato superior a la suma de las muertes por SIDA y accidentes de auto, y el calentamiento global, que agrava la sequía, continuará.

En el Perú, en todas ciudades, comunidades y centros poblados se producen residuos tanto sólidos y líquidos proveniente de hogares, son contaminantes en lo concerniente a las aguas residuales, procede esencialmente del agua natural que lo abastece a la ciudad de Juli, después de haberse desecho por diferentes usos.

El agua conformada de residuos que están estancadas por poco tiempo, se procede a la descomposición de restos orgánicos, y suele incrementarse de mayor proporción de gases malolientes y que comúnmente seres minúsculos como

también insectos. El agua contaminada "sin mantenimiento y no tratada" suelen tener prácticamente, numerosos ende micro bacteriológicos patógenos, si se sitúan en el sistema estomacal de las personas son causantes de enfermedades. Por estas razones, su control y tratamiento es necesario en cualquier población ya sea rural y/o urbana.

La ciudad de Juli se encuentra ubicado a 3858 m.s.n.m., y tiene a su disposición el servicio de agua potable pero el servicio de saneamiento básico es obsoleto y colapsado

Este estudio está hecho bajo el enfoque del sistema de saneamiento, utilizando redes colectoras y emisor mediante un sistema de impulsión y este diseño es de una planta de descontaminación de agua blanca residual domésticas con cámara, desarenador, tanque Imhoff, filtro percolador, sedimentador, cámara de cloración, cauce secado y armazón.

Este trabajo servirá de guía tanto para las posibles intervenciones en la zona en estudio como para aquellas personas, entre estudiantes y profesionales, interesados en diseñar la planta de descontaminación del agua residual doméstica.

Por lo expuesto anteriormente surge la **formulación del problema** principal ¿De qué manera se puede mitigar y tratar las aguas residuales domesticas que generan contaminación en el lago Titicaca y la ciudad de Juli?

Asimismo, se plantean los **problemas específicos** ¿Cuáles son los parámetros físicos y químicos en lo concerniente a las aguas residuales emanadas en la ciudad de Juli, provincia de Chucuito?, ¿Qué condiciones tiene el terreno para la elección de la tecnología optima de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Juli – provincia de Chucuito?, ¿Cómo será el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales que generan contaminación en el lago Titicaca y la ciudad de Juli – provincia de Chucuito?

La **justificación e importancia** del presente problema radica en que en la actualidad el sistema de saneamiento y descontaminación del líquido residual domesticas en la ciudad de Juli, provincia de Chucuito, carece de esta infraestructura por la presencia de factores críticos como la topografía, temperatura del agua y población que llegan a influir en el diseño de una propuesta técnica de

solución viable, por lo que determinando condiciones óptimas de diseño y mayor control en el proceso se elaborará una posibilidad de solucionar el cual es un sistema de descontaminación viable desde el panorama técnico y económico.

Con esta investigación se pretende plantear una alternativa de solución, el cual es el diseño de una planta de descontaminación del líquido residual domésticas, por lo tanto, se propone mitigar los pasivos ambientales que se ocasionan con las aguas servidas y son derivadas al lago Titicaca, generando contaminación a gran escala.

Además, el MINAM regula bajo normas los Límites Máximos Permisibles y Estándares de mejor condición del agua de los cauces del país, que en su gran mayoría son utilizados como cuerpo receptor, esta situación requiere una intervención inmediata para disminuir la contaminación y desarrollar la condición o existencia de las personas y el desarrollo de los habitantes.

Así mismo nos planteamos los **objetivos específicos** que son:

Determinar los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales producidas en la ciudad de Juli – provincia de Chucuito.

Identificar las condiciones del terreno para elegir una tecnología optima de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Juli – provincia de Chucuito.

Proponer un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales, para mitigar la contaminación en el lago Titicaca y en la ciudad de Juli – provincia de Chucuito.

Luego de hacer un análisis del problema o fenómeno a investigar, planteamos la **hipótesis** del presente proyecto de investigación: Mediante una evaluación situacional del agua residual y terreno, se plantea una propuesta del diseño de planta de tratamiento, que contribuya a la mitigación de la contaminación en el lago Titicaca y la ciudad de Juli– provincia de Chucuito.

## II. MARCO TEÓRICO

Habiendo recopilado información de antecedentes de estudio desde distintas fuentes, distintos ámbitos internacional y nacional se destacan los siguiente:

Como **antecedente internacional**,

(Wu, Gao, Zhu, & Ye, 2020) En su artículo científico publicado en la revista Journal of Cleaner Production, manifiesta que, la eficiencia y el riesgo para las aguas subterráneas del sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas: un estudio de caso en Xiantao, China. Donde muestra como resultado que su eficiencia se reduce con el aumento del tiempo de funcionamiento, y la eficiencia de degradación de DQO, NH<sub>3</sub> – N, TN y TP de las aguas residuales domésticas se reduce en un 10%, 18%, 15% y 28% respectivamente de 2012 a 2018. Debido al alto nivel de agua subterránea en la llanura de Jiangnan y la falta de capa anti-filtración en el humedal construido Xiantao, las aguas subterráneas y superficiales tienen alta conectividad, así como también indica que el tratamiento a largo plazo de las aguas residuales domésticas tiene un alto riesgo de contaminación de las aguas subterráneas poco profundas en los humedales.

(Song, y otros, 2020) En su artículo científico de la revista Chemosphere, concluye que, una perspectiva biofisiológica sobre la eliminación mejorada de nitratos de las aguas residuales domésticas descentralizadas utilizando sistemas de estratificación de múltiples suelos de flujo gravitacional concluye que las zeolitas porosas sirvieron como hábitat para que la mayoría de las bacterias aeróbicas formaran biopelículas, que podrían promover el consumo de oxígeno tanto en las aguas residuales como en el sistema para mejorar la desnitrificación en las PYMES. Los resultados podrían ayudar a mejorar la desnitrificación en el sistema MSL a partir de conocimientos biofisiológicos. Puede proporcionar una estrategia sólida para utilizar el sistema MSL con un gran rendimiento en la eliminación de contaminantes.



tiempo, reducir la carga sobre los entornos y la infraestructura existentes. Los humedales construidos se han propuesto como un proceso unitario económico y energéticamente eficiente para tratar aguas grises con fines de reutilización, aunque su capacidad para cumplir consistentemente con los estándares de calidad del agua aplicables. Donde sugiere específicamente, que el reciclaje de humedales de flujo vertical combinado con desinfección por radiación ultravioleta y cloro residual es la mejor combinación para cumplir con los estándares de manera confiable.

(Rudy, Ryan, & Tzahi, 2020), en su artículo publicado en la revista *Separation and Purification Technology* explica que, mejora el tratamiento de aguas residuales de lodos activados con selección hidráulica, el objetivo de este estudio fue desarrollar una tecnología que pudiera mejorar las propiedades de asentamiento de lodos activados mientras mantiene la nitrificación / desnitrificación y que podría integrarse fácilmente en la infraestructura actual de tratamiento de aguas residuales. Donde desarrollaron un proceso de selección hidráulica que elimina los flóculos de sedimentación deficiente directamente de los clarificadores secundarios o reactores discontinuos. El proceso de selección hidráulica es un sistema de vacío que está suspendido en lodos activados, el sistema luego desarrolla una diferencia de presión única basada en la densidad del lodo de sedimentación, el diámetro del flóculo y la velocidad de sedimentación terminal deficientes. El proceso de selección captura y elimina el floculo de sedimentación deficiente, lo que permite que el flóculo restante crezca y aumente la tasa de sedimentación de lodos activados.

(Chengyuan, y otros, 2019) en la revista *Bioresource Technology*, explica que los efectos del tiempo de retención hidráulica en el rendimiento y la comunidad microbiana de un reactor de acoplamiento de bioelectricidad-reactor anaeróbico desconcertado Fenton para el tratamiento de aguas residuales de la medicina tradicional china, donde los resultados muestran que la remoción promedio de la demanda química de oxígeno (DQO) y  $\text{NH}_3\text{-N}$  en TRH de 24 h y 18 h fue alta (> 90% y > 70%, respectivamente), pero disminuyó a aproximadamente 40% y 30% cuando se opera a las 12 h HRT.

(MACLONI MORÁN, 2014), en su tesis “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la república de Guatemala, para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz”, de la Universidad “Rafael Landívar”, propuso como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para este Municipio. La investigación, determinó, en base a los resultados obtenidos, que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzar a un 88.62%, de eficacia total de eliminación de la carga contaminante. Este porcentaje está basado en la cantidad de remoción del nivel DBO. Este gran aporte será una guía para el desarrollo de nuestra propuesta de estudio.

(GAMEZ CASTILLO & RUGELES MARTINEZ, 2019) Propone alternativas de optimización técnico – económicas del Tratamiento preliminar y biológico (tanque Imhoff y Humedal de flujo subsuperficial) para la PTAR de Sotaquirá – Boyacá de la Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Bogotá D.C. Se plantearon alternativas de optimización desde la parte técnica y su correspondiente viabilidad económica determinando así que, para el tanque Imhoff la alternativa de optimización, rediseño e instalación de un filtro percolador permitirá obtener mejores porcentajes de eficiencias y remoción de los diferentes contaminantes del agua residual.

(Cuatis, 2018), en su propuesta de tesis de diseño de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) por lodos activados en el municipio de Soatá Boyacá de la Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, Bogotá D.C. El diseño propuesto consiste en una planta de tratamiento centralizada donde cada uno de los procesos estará conectado mediante cortos tramos de tuberías y canales. De esta manera se reducen considerablemente las pérdidas hidráulicas que puedan ser generadas por conexiones entre elementos; mantener un sistema centralizado permite aprovechar la mecánica de los fluidos y su desplazamiento entre procesos por medio de gravedad.

Según (Guaquipana, 2016) En su trabajo de investigación diseño de un sistema de depuración de aguas residuales con metodología ambientalista para el sector de Guanujo, Alpachaca, Primero de Mayo y Negro Yacu del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica,

Carrera de Ingeniería Civil, Ambato, Ecuador. Recomienda para la selección de depuración de las aguas residuales apropiada para la parroquia Salinas ha sido escogida en función de parámetros ambientales, condiciones climáticas, el caudal de descarga y propiedades del suelo.

Así mismo tenemos **antecedentes nacionales**, donde destaca (Mondragon & Sanchez, 2017), en su propuesta de tesis “Análisis de la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales en el continuo urbano de Trujillo Perú” de la universidad privada “Antenor Orrego”, concluye que, se analizó y constató la presencia de coliformes termotolerantes presentan un valor exceso de un 40%, y una mayor DQO en cantidad mayor del 58.5 % de los límites permitidos, donde se observa un deficiente proceso de tratamiento o evacuación de lodos, que produce al incremento de contaminación ambiental, además, concluyeron, que para el mantenimiento de las lagunas de estabilización, no cuentan con operadores permanentes, y se constató que el mantenimiento lo realizan 1 vez/cada 5 meses en promedio. Así mismo se verifico que no cuentan con un monitoreo y registro de datos e información adecuado, asimismo se comprobó que no cumplen con los niveles estándares de purificación del agua, el cual genera impactos ambientales de índole negativo y el peligro que implica a la salud de los seres humanos. Uno de los principales factores causantes de dicha problemática es la falta de financiamiento económico para implementación y operación de dichos procesos, y de esta manera limita la calidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Como también (Lopez & Herrera, 2016), de la universidad privada “Antenor Orrego”, en su tesis “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reúso en riego de Parques y Jardines en el Distrito de la Esperanza, se propuso como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el Distrito de La Esperanza – Trujillo”. La investigación, determinó que el proyecto elaborado contribuirá en la gestión presupuestaria, y en hacer factible el riego de parques y jardines con agua residual tratada, por lo tanto, evitaría así la contaminación, y disminuiría el costo por el uso de agua potable en riego de parques y jardines.

Según (Espinoza Paz, 2010), en su tesis manifiesta que uno de los objetivos es el diseño de una Metodología de tratamiento de aguas servidas de origen

doméstico en la que no sea necesaria la utilización de cámaras de oxidación dentro de un área reducida disponible en la actualidad, y de esta manera propiciar su reutilización en el riego de áreas verdes, permitiendo así reducir la contaminación por descargas en los cuerpos de agua aledaños. Además de la caracterización del funcionamiento de las cámaras de oxidación. Con una base de diseño que permitiera seleccionar una alternativa de solución acorde y viable tanto económica, técnica y ambientalmente. Sustentando el tamaño de sus componentes y calidad de descargas de agua en los efluentes según la normativa que rige nuestro país.

Son varias las denominaciones que citan a cerca de las aguas residuales de acuerdo a la siguiente tabla:

*Tabla 1 Tipos de aguas residuales*

<b>TIPOS DE AGUA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Agua residual domestica</b>	Procedentes de las diferentes actividades desde el interior de las viviendas, colegios, fabricas, etc.	Los materiales contaminantes estas presentes en moderadas concentraciones.
<b>Agua residual municipal</b>	Son trasladados por el alcantarillado desde una ciudad o población.	Contiene materia de procedencia orgánica, nutrientes y patógenos, etc.
<b>Agua residual industrial</b>	Provenientes de las descargas de industrias	Su contenido tiene relación con el tipo de industria y/o procesos industriales.
<b>Agua negra</b>	Contiene orina y heces	Alto contenido de nutrientes, hormonas y elevada concentración de sales.
<b>Agua amarilla</b>	Es la orina trasladada con o sin agua	Alto contenido de nutrientes, hormonas y elevada concentración de sales.
<b>Agua café</b>	Agua con contenidos de pequeña cantidad de heces y orina	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos
<b>Agua gris</b>	Procedentes de lavamanos, duchas, lavadoras	Contiene pocos nutrientes y agentes patógenos, muy por el contrario, ostentan máxima carga de productos y detergentes.

Fuente: ROMERO R. J. (2001)

## **CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL**

Para Palacios (1991), en su estudio sobre aguas residuales, los fluidos desechados de origen domestico están compuestos por sólidos en suspensión tanto orgánicos como inorgánicos que son vertidos desde las edificaciones, áreas de industria y comercios, y que en conjunto son conducidos por las redes colectoras hacia una P-T-A-R. que se encuentra según norma alejado de la última vivienda aportante al sistema, se llama agua residual al flujo líquido que lleva consigo cantidades solidas orgánicas e inorgánicas solidas en suspensión que son originadas en las áreas urbanas, edificaciones y comercios, además del aporte externo de las cajas de inspección que son combinadas durante su traslado mediante las redes colectoras hacia su tratamiento y disposición final.

Según (Rolim, 2000), los fluidos desechados son las aguas generadas en un área urbana que cuenta con situaciones de tuberías de agua potable y que fueron utilizadas en diferentes actividades propias del uso diario tanto domésticas, en actividades comerciales y/o de producción las que son derivadas en las redes colectoras hacia las estructuras de curación de aguas servidas.

(TCHOBANOGLIOUS, Theisen, & Vigil, 1994), en su estudio manifiesta que las aguas con contenido de desechos sólidos en suspensión son un revoltillo de aguas utilizadas en una vivienda con las aguas desechadas reutilizadas en las fábricas además del ingreso externo de aguas de origen pluvial por las cámaras de inspección, tienen que cumplir los parámetros mínimos de admisión en las redes colectoras para no afectar la eficiencia del tratamiento de tipo combinado.

Para (Saenz F, 1986), el fluido con contenido de desechos sólidos es aquel que es originado en los lavamanos, las cocinas, lavanderías de ropa y otras aplicaciones domiciliarias que de acuerdo con la formación y costumbres de los usuarios aportantes generan contenidos que son tratables en una

infraestructura P-T-A-R. en síntesis el agua servida de origen domestico es producto del uso de agua potable en actividades cotidianas en las viviendas.

Existe el DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM donde aprueba los Límites Máximos Permisible para el curso de agua provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas del tipo Domésticas o Municipales.

*Tabla 2 Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR*

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	Mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100	10,000
Demanda Bioquímica de Oxigeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxigeno	mg/L	200
Ph	Unidad	6.5 - 8.5
Solidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto supremo N° 003-2010-MINAM

Además, se tiene el Decreto Supremo N° OO4-2017-MINAM, que categoriza la calidad de agua para reúso y bebida de animales.

*Tabla 3 Categoría 3, Reúso en riego y animales para los efluentes de PTAR*

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0.1	0.1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(µS/cm)		2,500	5,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0.2	0.5
Fenoles	mg/L		0.002	0.01
Fluoruros	mg/L		1	**

Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) +	mg/L	100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> - -N)	mg/L	10	10
Nitritos (NO <sub>2</sub> - -N)	mg/L	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Sulfatos	mg/L	1	1,000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.7	**
Berilio	mg/L	0.1	0.1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0.01	0.05
Cobre	mg/L	0.2	0.5
Cobalto	mg/L	0.05	1
Cromo Total	mg/L	0.1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	0.001	0,01
Níquel	mg/L	0.2	1
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.02	0.05
Zinc	mg/L	2	24
<b>ORGÁNICO</b>			
<b><u>Bifenilos Policlorados</u></b>			
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0.04	0.045
<b>PLAGUICIDAS</b>			
Paratión	µg/L	35	35
<b><u>Organoclorados</u></b>			
Aldrín	µg/L	0.004	0.7
Clordano	µg/L	0.006	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0.001	30
Dieldrín	µg/L	0.5	0.5
Endosulfán	µg/L	0.01	0.01
Endrín	µg/L	0.004	0.2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01	0.03
Lindano	µg/L	4	4
<b><u>Carbamato</u></b>			
Aldicarb	µg/L	1	11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
Coliformes	NMP/100	1,000	2,000
Termotolerantes	ml		1,000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1,000	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

## **PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICA**

Según (TCHOBANOGLIOUS, Theisen, & Vigil, 1994), las particularidades de los fluidos residuales están ligados directamente a la actividad de producción en la que son utilizadas además de las actividades que frecuentemente se realizan en las viviendas, tiendas, comercios u oficinas, en estas aguas es necesario caracterizar la carga orgánica, además de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Para ello es necesaria la Delimitación y estudio de las fuentes de aporte, los componentes de las redes de colección instaladas desde la acometida de descarga domiciliaria hasta el punto de entre en el rede emisor hacia la infraestructura de tratamiento.

El investigador (Crites & Tchobanoglous, 2000), Asevera en su trabajo que las particularidades que diferencian el agua residual que es descargada en un sector de la población se diferencia de otro sector en el uso al que es sometido, además de presencia de elementos metálicos, químicos y biológicos tóxicos aportados por las industrias, la diferencia de carga hidráulica horaria y las condiciones de las redes colectoras que la conducen hacia su tratamiento, tienen que ser considerados y sus valores utilizados en los cálculos y elección de tecnología de tratamiento acorde con la normativa que rige estos vertimientos. Además trata directamente el tema de los fluidos residuales que son aportados por las áreas domesticas de un distrito, vemos que estas no contienen elementos físico-químicos en extremo nocivos como metales pesados, ya que como se mencionó en el párrafo superior estas aguas Generalmente solo contienen sólidos en suspensión con alto contenido de agentes biológicos como el amonio y en otros con presencia del nitrógeno que son relativamente sencillos de trata con tecnologías de procesos biológicos.

Para (Metcalf & Eddy, 2004), los fluidos residuales de origen domestico enfocándonos estrictamente en su contenido están supeditados a procesos de mescla de desechos orgánicos e inorgánicos aportados por áreas residenciales y sectores públicos, que junto con las aguas servidas desechadas por los sectores industrial y de comercio, se acometen y combinan con las guas externas de origen pluvial, subterránea, y de

escorrentías superficiales, generando un foco de contaminación que debe ser conducido mediante redes de tuberías subterráneas hacia áreas de tratamiento alejados del sector urbano, despreciando las fluctuaciones de carga hidráulica horaria que puedan presentar.

### **POBLACIÓN DE DISEÑO**

Comprende el aporte individual al sistema proyectado en el futuro con la cantidad final de personas que serán alcanzadas y contribuirán con el sistema de tratamiento utilizando como base la tasa de crecimiento de las poblaciones en este caso del distrito de Juli (SENCICO-RNE-OS.070, 2006).

### **PERIODO DE DISEÑO**

Es la cantidad de años de vida útil y funcionalidad del sistema, es un intervalo de tiempo determinado, relacionado con la población de diseño, durante este tiempo se asume que la operatividad y valides de la tecnología utilizada en el tratamiento del agua vertida, este parámetro también está fijado utilizando procedimientos que garanticen los periodos óptimos para cada componente de la infraestructura recolección de agua desechada, el otro aspecto importante de cuanto a las bases de diseño hidráulico es la gradiente, Calidad de las redes y el presupuesto de implementación (SENCICO-RNE-OS.070, 2006).

Los factores considerados dentro del trazado hidráulico de la red emisor que constituye el último tramo de entrega de gua desechada para su tratamiento es calculado bajo los lineamientos de las normas nacionales vigentes (SENCICO-RNE-OS.090, 2006).

Algunos autores como Capra aseveran que este ítem del tiempo de vida útil proyectado en función de la tasa de crecimiento de la zona urbana está relacionado directamente en la cantidad poblacional actual, principales actividades económicas que realizan los habitantes, el presupuesto disponible tanto para la construcción y posterior operación y mantenimiento de la infraestructura de tratamiento.

## **DOTACIÓN**

Esta base de diseño contempla la cantidad de agua demandada y proporcionada por la entidad prestadora del servicio, la que es utilizada y desechada en un 80% se asume que el 20% restante se pierde por infiltración y evaporación durante su uso por la colectividad estas cantidades son proporcionadas por el R-N-E y varía dependiendo de la ubicación geográfica del área urbana es decir que las cantidades son diferentes para la costa, tierra y selva y son expresados en litros por persona por día (OS.100, 2006).

Según (Arocha Ravelo, 1985), la carga hidráulica es el volumen de agua residual a tratar en un área unitaria y por unidad de tiempo o dicho de otra manera como el caudal de agua residual distribuido en un área unitaria de tratamiento ( $m^3 / (m^2 \cdot d)$  ó  $m^3/m^2/d$ ).

## **CAUDALES POR VARIACIÓN DE CONSUMO**

El cambio brusco de consumo horario está fijado considerando el tamaño de la población de diseño (OS.100, 2006):

Factor de cambio de consumo diario máximo anual =1.3

Factor de cambio de consumo horario máximo anual =20 (ente 1.8 y2.5).

## **CARGA HIDRÁULICA POR PERCOLACIÓN Y ENTRADAS ILÍCITAS**

La percolación de agua de fuentes superficiales ajena al sistema de redes colectoras primarias y emisor General que contribuyen al volumen de agua residual conducido hacia la planta de tratamiento es calculado y asumido tomando en cuenta el Nivel de percolación del terreno en función de la napa freática y el material de las redes colectoras a empalmarse además de la posible infiltración de agua pluvial por medio de las cámaras de inspección (OS.100, 2006).

## **CARGA HIDRÁULICA DE FUENTE PLUVIAL**

Es el aporte de agua hacia el sistema alcantarillado proveniente de lluvias a través de las cámaras de inspección y conexiones domiciliarias. En cuanto al agua externa de origen pluvial que ingresa por las cajas de inspección, cajas de registro y conexiones domiciliarias son consideradas dentro los cálculos teniendo en cuenta la recomendación del Anexo 1 de la Norma OS.070 del RNE, este factor de ingreso es  $T_i = 0.05$  Litros por segundo por kilómetro de vía sometida a lluvias (SENCICO-RNE-OS.070, 2006).

## **CARGA HIDRÁULICA CONTRIBUIDA POR LAS REDES COLECTORAS**

La carga hidráulica contribuida por el vertimiento de la población urbana denominada caudal de retorno es el 80 por ciento de la dotación total por habitante por día de cada beneficiario según (SENCICO-RNE-OS.070, 2006). Los buzones deben ser considerados dentro de los criterios de diseño, pues constituyen las cajas circulares o cuadradas de concreto armado diseñadas e instaladas para la revisión periódica del flujo, pendiente, carga hidráulica en tramos variables de acuerdo con cada diámetro de tuberías de colección, por donde ingresan líquidos externos al sistema de redes, para efectos de diseño de la red emisor es decir el último tramo de entrega la profundidad mínima interior de cada caja de inspección es de 1.20 metros en vías de alto tránsito vehicular y hasta 1.00 metros de profundidad den vías de solo tránsito peatonal.

## **DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)**

Una cuantificación muy importante en el diseño es analizar la DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) “Este parámetro es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar químicamente los materiales orgánicos que están presentes en una muestra de agua. Esta oxidación degrada el material orgánico biodegradable y no biodegradable” (Arroyo & Bermudez, 2015).

## **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)**

Para obtener la oxidación de la materia orgánica biodegradable, se utiliza suficientes cantidades de oxígeno y como respuesta de la oxidación bioquímica aeróbica. Como fuente de alimentación en aguas residuales es el resultado de tres tipos distintos de materiales orgánicos nitrógeno oxidable y compuestos químicos reductores que están presentes en las reacciones del cuerpo de agua (Ramalho, 1996).

Al contener una gran cantidad de desechos orgánicos en el agua, aumenta la probabilidad de tener más bacterias presentes trabajando en la descomposición, por consiguiente, se tendrá una alta demanda de oxígeno, esto crece el nivel de DBO. Si se tienen niveles altos de DBO el oxígeno disuelto disminuye ya que el oxígeno que está apto es usado por las bacterias en los diferentes procesos internos del cuerpo de agua, es afectada a los restantes organismos porque contienen menos oxígeno útil para sus procesos biológicos (IICA, 2000).

La DBO a los 5 días (DBO5), es considerado como el parámetro de polución orgánica más utilizada y efectiva en el tratamiento de aguas residuales y superficiales. Se presume esta comprobación la medida del oxígeno disuelto utilizado por microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica biodegradable. (Valderrama, 1999).

En el tratamiento de aguas residuales, la medida de la DBO es valioso para la gestión técnica de la calidad del agua y se utiliza para hallar la cantidad próxima de oxígeno que se soliciten para el proceso de estabilización biológica de la materia orgánica. (Valderrama, 1999).

## **PLANTA DE TRATAMIENTO COMBINADO**

Según (Noyola, Morgan, & Guereca, 2013), en su trabajo asevera que la Metodología que tratamiento cambiando elementos de la naturaleza como el oxígeno y elementos fisicoquímicos para la curación de aguas desechadas con residuos de origen municipal, dentro de este aspecto se tratan dos

tecnologías tanto aerobias que requieren necesariamente la intervención del oxígeno mediante la instalación de ductos de ventilación para para que este ayude con la digestión de los lodos en un tanque o cámara de retención, la otra tecnología está compuesta por la Metodología de tratamiento anaerobia que no requiere la intervención del oxígeno en la digestión de los elementos sólidos durante su sedimentación.

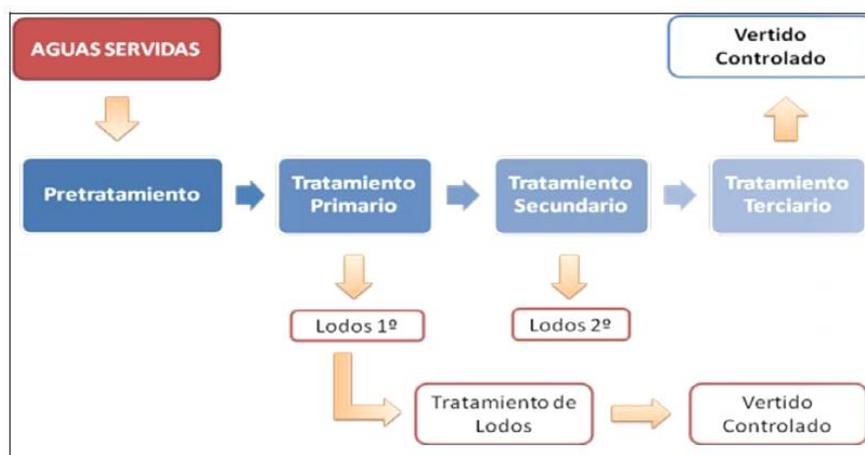
Además, Noyola 2003, plantea que dado el contenido orgánico en gran medida dentro de las aguas desechadas correspondería la utilización de una tecnología aerobia o físico química para su tratamiento, sin embargo, estas opciones son desechadas durante la Evaluación de la viabilidad económica de su implementación optándose por un sistema combinado para su curación.

(Crites & Tchobanoglous, 2000), manifiestan que la mezcla de varias tecnologías dentro de los procesos de curación tanto naturales como compactos tomando en cuenta el área disponible que se tiene para su construcción y el aspecto económico, entonces en este entender según este autor la curación de las aguas residuales tanto aerobia, anaerobia y combinada no solo depende de la Calidad de agua tratada que será vertida a un cuerpo receptor sino también a la Evaluación del área disponible para su construcción, la viabilidad económica tanto en la etapa de construcción y durante su operación y mantenimiento desechando por completo la utilización de lagunas de oxidación por su demanda de espacio para su construcción.

“El tratamiento de aguas residuales se refiere a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que su objetivo es eliminar los contaminantes que están presentes en el agua efluente del uso humano” (García, 2015).

Así mismo el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) y la Norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones realizan la clasificación de las etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales de la siguiente manera:

Figura 2. Cadena completa de aguas residuales domesticas por lodos activados



FUENTE: El Fondo Nacional del Ambiente (FONAM, 2010)

## 2.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRETRATAMIENTO

Cumpliendo con los parámetros de secuencia; en el tratamiento preliminar o **pretratamiento** se excluyen los grandes objetos y residuos que posiblemente puedan estropear o dañar el equipo, así como el cribado, las rejillas y los desarenadores. El propósito del tratamiento de esta etapa es disponer el agua residual a fin que pueda transcurrir a los siguientes procesos de tratamiento sin estropear la operación de los mismos. A su vez se incluye a la flotación como un proceso de pretratamiento para eliminar las grasas y aceites (Metcalf & Eddy, 2004).

En esta etapa será de mucha utilidad el uso de **rejillas** para desechar los sólidos en suspensión de diferentes diámetros. Se toma en cuenta la separación de las rejillas donde va depender del material que contengan estas, y la remoción se puede ejecutar de manera manual o mecánica. El tipo de material recolectado se organiza en finos y gruesos, denominada también caja con rejilla metálica, encargada básicamente de retener y evitar el paso de elementos flotantes y no flotantes de gran tamaño que pueden haber insertado a lo largo de las redes colectoras o por causa de una caja de inspección abierta o deteriorada, esta rejilla Generalmente metálica es diseñada en función al caudal máximo horario diario y su inclinación debe ser

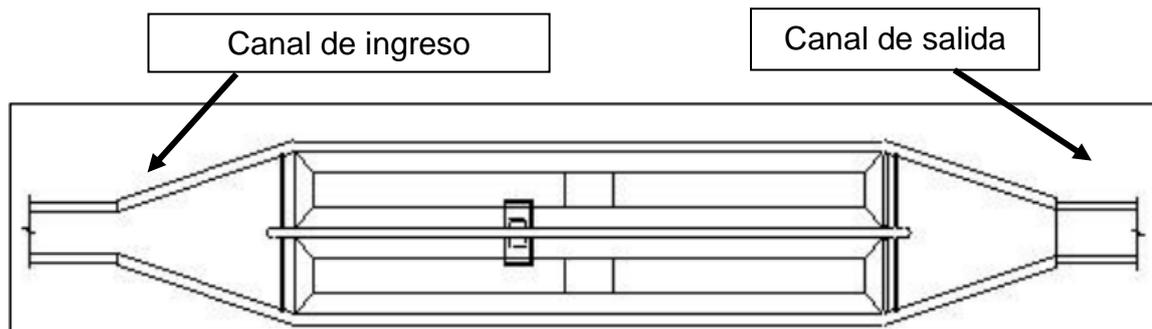
de 60 grados para facilitar su limpieza mediante un rastrillo manual o automático. (Ramalho, 1996).

Varios estudios elaborados en Brasil y Perú se halló cantidades de sólidos gruesos retenidos entre 0.008 y 0.038 m<sup>3</sup>/1,000m<sup>3</sup> en rejillas con aberturas entre 20 a 50mm. La cantidad de sólidos flotantes y gruesos perjudican en la operación de las lagunas; colaboran en la formación de nata atentando contra el medio ambiente y produce malos olores, favoreciendo como foco en la reproducción de insectos, y produciendo condiciones desagradables a la vista. (Prieto, 2016)

*Figura 3. Desbaste de residuos en PTAR (Prieto, 2016)*



También se contempla la instalación de los **desarenadores** el cual se utiliza para quitar la arena, su aspecto es de tipo rectangular de flujo horizontal, dado que los componentes principales corresponden a los sólidos como arenas, cenizas y grava, pueden causar problemas de operación y pueden llegar a acumular las tuberías de entrada y provocar un atasco de las tuberías. Este proceso está conformado por un canal, donde los sólidos o partículas se despegan del líquido por gravedad (Salazar, 2004). Una forma de extraer los sólidos arenosos es utilizando los desarenadores horizontales, y sugiere su uso en todos los sistemas con lagunas. (Cerezo, 2011)



*Figura 1. Desarenador de 2 unidades en paralelo (planta).*

*Fuente: guía para el diseño de desarenadores – OPS 2005*

EL **medidor de caudal** o canaleta Parshall, es un componente **primario** de flujo con una amplia aplicación para medir el flujo en canales abiertos. Usado ampliamente para medir canales de desagüe, irrigaciones, salidas de alcantarillas, aguas residuales, vertidos de fábricas, etc.

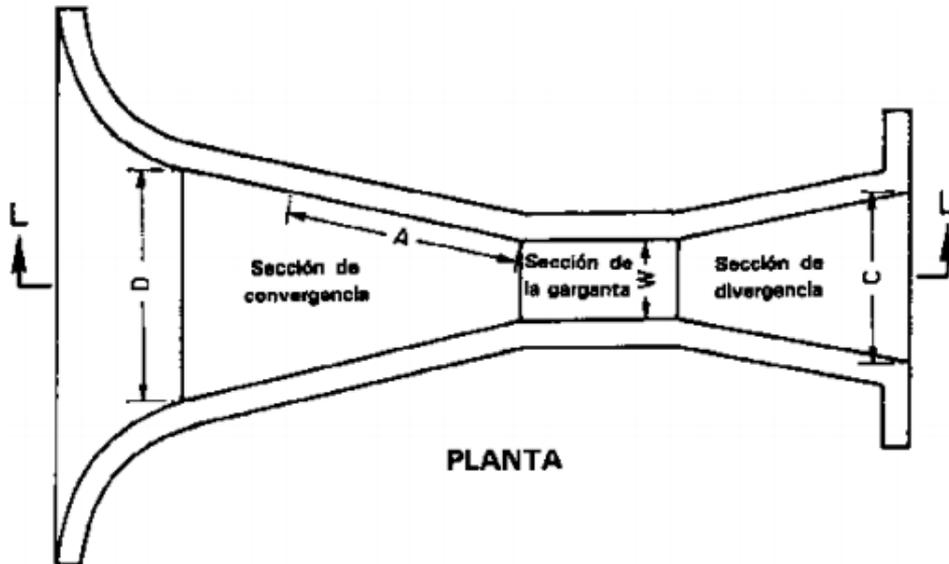


*Figura 2. Canaleta Parshall.(OPS 2005)*

Esta canaleta el principio de funcionamiento está basado en una contracción lateral donde está conformado por la garganta (W), y compuesto por un desnivel brusco de caída en el fondo, en la distancia que concierne a la garganta, continua una elevación gradual coincidente con la parte divergente. El aforo se realiza en función a las alturas del contenido del agua

en la sección convergente y en la garganta, leída a través de piezómetros adyacentes. (Builes, 2010)

*Figura 3. Vista en planta canaleta Parshall*



*FUENTE: El Fondo Nacional del Ambiente (FONAM, 2010)*

Una vez que se han retirado los elementos sólidos de mayores tamaños, el tratamiento primario tiene como finalidad remover los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para reducir la carga que se que se tratara biológicamente en un procedimiento posterior, y son (FONAM, 2010):

El proceso de la sedimentación cuyo objetivo brindar la remoción de partículas contaminantes que pueden sedimentarse, dentro de esta categoría tenemos solidos suspendidos las grasas y otros elementos. (Metcalf & Eddy, 2004).

Se define como tanque Imhoff al mecanismo que pertenece al tratamiento primario y su finalidad es la remoción de partículas solidas que permanecen en suspensión en el agua. Son adecuadas para ciudades con una población de aproximadamente 5000 personas o menos y comunidades donde no necesiten un mantenimiento constate y cuidadosa.

Las ventajas que brindan los tanques Imhoff en el tratamiento de aguas residuales domesticas es de mucha importancia, porque integran la digestión

de los lodos sedimentados y sedimentación del agua en la misma unidad, y a su vez se les denomina de doble cámara.

“El tanque Imhoff elimina del 40% al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%” (Canto, 2016).

“Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización” (Canto, 2016).

Para el dimensionamiento del tanque imhoff, se realiza en consideración de los parámetros de diseño de la Norma OS090 “Planta de tratamiento de aguas residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El **Tanque Imhoff**, para Paipay (1992), es un depósito desarrollado en Alemania por Karl Imhoff, muy usado en Estados Unidos desde 1907, es una estructura tipo caja de concreto armado de profundidad considerable que tiene un sedimentador en su parte superior y un digestor anaerobio en la parte inferior del lodo en la parte inferior. Su función primordial es la de disminuir la D-B-O entre 25% a 35% del total ingresado.

Ayala (2008), asevera que esta estructura considerada como primaria tiene buenos resultados tratando desechos de comunidades no muy grandes, actuando como un sedimentador de solidos suspendidos y digiriendo lodos en su fondo con mayor eficiencia en climas cálidos, esto produce olores desagradables por lo que la normativa vigente proporciona distancia límite para su construcción en las áreas urbanas, esta estructura tiene un mejor funcionamiento cuando la limpieza de elementos flotantes y no flotantes es efectiva además de la retención de la arena antes de su ingreso.

Esta estructura como tratamiento primario se encarga de separar los elementos flotantes hasta en un 65 por ciento en función de la concentración de sólidos y el tiempo que tiene que estar depositada antes de su paso al proceso de tratamiento secundario.

- Estructura por niveles de un Tanque Imhoff.
- Nivel superior de sedimentación

- Nivel superior de Natas
- Nivel intermedio neutro
- Nivel intermedio de transición
- Nivel inferior de digestión.

En los Niveles superiores el agua servida es recibida por un retén de natas y posibles elementos flotantes y luego para por un canal con caja interior concéntrico en donde el proceso de sedimentación se lleva acabo a una taza de 23 a 25 metros cúbicos por un tiempo de retención mínimo de 24 horas, desde este nivel y por cauda de la gravedad los sólidos sedimentados pasan por el Nivel neutro en el que es necesario la no existencia de turbulencia que perturbe los sólidos que pasan por la zona de transición para su digestión en el fondo el cual cuenta con una cámara que según la normativa vigente tiene unos muros de 60 grados de inclinación hacia su centro.

Para el Fondo Nacional del Ambiente (2010), en cuanto a su diseño esta estructura debe contar con un borde libre que garantice el no desborde por obstrucción tomando en cuenta el caudal máximo horario con una carga hidráulica con contenido de sólidos en suspensión en la superficie de un metro cubico por metro cuadrado de superficie en la hora de máxima demanda, también en este Nivel es necesaria la construcción de un retén de natas y grasas de un metro de ancho mínimo y con una cobertura que evite el contacto directo con los rayos del sol, el tiempo de retención que garantice una sedimentación uniforme como mínimo debe ser de 2.5 horas en una profundidad mínima de 2.00 metros hasta un Nivel inferior de digestión de lodos de 1.20 metros con paredes inclinadas en un 60 por ciento con respecto a su centro que conduzca el lodo digerido para su extracción y posterior secado.

También el FONAM (2010), En cuanto a la extracción de lodos, se realizará mediante una red de tuberías de 200 milímetros de diámetro como mínimo y

cajas de registro y será extraído con la presión de la carga hidráulica propia del agua contenida en los Niveles superiores de por lo menos 1.80 metros de columna de agua, hacia un lecho de secado y a una pendiente mínima de 2.00 por ciento hacia un depósito para su impulsión por electrobomba o motobomba hacia un lecho de secado de lodos.

## 2.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO

Durante el tratamiento **secundario** se tiene en consideración lo que asevera el (Fondo Nacional del Ambiente, 2010), en esta etapa del proceso de tratamiento es en la que el material orgánico biodegradable que contenga el agua residual sea desprendido mediante autodepuración de los nutrientes por bacterias y con la aplicación controlada de oxígeno, básicamente se trata de un proceso biológico en el que se busca la oxidación de los elementos orgánicos biodegradables a partir de la presencia de bacterias y un proceso de limpieza periódica de los biofiltros que se utilizan para este proceso, además este estudio afirma que los proceso de tratamiento secundario son esencialmente de degradación biológica y con la presencia de sustancias supresoras y que la presencia de bacterias es primordial para esta transformación biológica, a que debe estar controlada tanto en cantidad y temperatura.

Además (Rigola, 1990), indica que este nivel de tratamiento del tipo biológico aeróbico continua el proceso de decantación secundaria en un tratamiento biológico, donde la materia orgánica solubles y coloidales son metabolizados por bacterias y microorganismos, la DQO y DBO a cantidades de 100 mg/l la velocidad de degradación está relacionada con la presencia de microorganismo adecuados, La degradación de sustancias orgánicas en su mayoría es de origen natural, y otros de origen sintético muestran resistencia a la degradación.

También durante esta etapa de tratamiento se cuenta con un **Filtro percolador**, el cual para Para Metcalf y Eddy (1995), en su Evaluación manifiestan que esta estructura de tratamiento secundario es la encargada de

proporcionar un hábitat ideal permeable para la vida bacteriana al que se adhieran organismos biológicos y no pasen hacia el siguiente proceso, denominada también percolación, a este fenómeno se le llama proceso de filtración por medio poroso. El filtro puede estar conformado de piedras porosas, escorias, o polímeros filtrantes.

También Hernández (1992), manifiesta en su trabajo que el uso de esta estructura como tratamiento secundario es para la purificación biológica del agua que pasa por efecto de la gravedad por una superficie porosa y se mezcla periódicamente con el oxígeno por medio del aire que circula en varios sentidos de forma natural o artificial en contracorriente o en sentido de caída del agua. En este proceso de tratamiento parecido al anterior también se lleva a cabo por Niveles, como el agua es vertida por gravedad de arriba hacia abajo, en la parte superficial se encuentran animales como insectos, gusanos, limacos, también en este Nivel encontramos los hongos, algas verdes y protozoos que se nutren del material orgánico que fluye con el agua en caída, y se tiene el Nivel del fondo el que está constituido por bacterias autótrofas las que sobreviven del consumo de material orgánico contenido en el agua.

Luego del paso del agua por los filtros también dentro de esta etapa de tratamiento está considerado el **Separador de sólidos en suspensión (sedimentador Secundario)**, éste para (Rolim, 2000), está formado por una caja doble de concreto armado que cuenta en su parte superior con un vertedero de ingreso y salida controlado que no genere turbulencia y garantice un tiempo de detenimiento para la separación de los sólidos suspendidos en el agua entrante por medio de la gravedad y el tiempo hacia una caja de muros inclinados en el los sólidos sedimentados son almacenado para su posterior disposición.

Además según él (Fondo Nacional del Ambiente, 2010), el sedimentador es una estructura que se encarga de la separación de sólidos por gravedad y respecto al tiempo de retención y de manera continua se produce el desprendimiento de los sólidos contenidos en un fluido líquido de acuerdo con su peso específico.

### 2.3. TRATAMIENTO TERCIARIO

Durante el tratamiento del proceso **terciario**, para el autor (Rigola, 1990), los procesos de tratamientos del tipo terciarios complementan el proceso de tratamiento de las aguas residuales y busca un incremento de mayor efectividad en la limpieza obtenida de los tratamientos primarios y secundarios.

Durante esta etapa se realiza la filtración para remover los sólidos que en las etapas anteriores puedan haber sido arrastrados hacia la salida del decantador secundario, y para este proceso se pueden utilizar arena, grava, antracita u otro material adecuado o combinándolos entre ellos.

La limpieza de efluentes durante el proceso de tratamiento biológico se suele preparar capas de granulometría creciente, duales o de multimedia, se realiza un filtrado en profundidad porque el fango arrastrado bloquearía fácilmente el filtro de arena fina trabajando en superficie, los filtros de arena son preferibles cuando hay que filtrar flóculos formados químicamente y aunque su ciclo sea más corto pueda limpiarse con menos agua.

Para el (Fondo Nacional del Ambiente, 2010), en su estudio de plantas de tratamiento de agua residual manifiesta que uno de los lineamiento básico dentro del diseño hidráulico de una estructura de tratamiento terciario es la consideración de la depuración de microorganismos patógenos y desprender otros elementos de origen domestico que generan espumas, por lo que es común la utilización de la cloración como tratamiento en este Nivel para su purificación y en otros casos hasta lograr su potabilización total. Además, manifiesta que los lodos digeridos que fueron generados en los procesos primarios deben ser estabilizados durante su secado con la utilización de cal y básicamente concentrándolas, coagulándolas o con la utilización de agentes floculantes y posterior secado con su exposición a los rayos del sol y el uso de filtros de arena y para que posteriormente pueda ser utilizado como fertilizante o acondicionador del suelo.

Dentro de este nivel está considerado también el **Lechos de secado (tratamiento de lodos)**, que para Wang (2008), esta estructura es la

encargada de la exposición y drenaje de los lodos digeridos producidos en los procesos de tratamiento primario, comúnmente utilizado para el secado de lodos debido a los bajos costos requeridos interviniendo el clima, la temperatura, características de los lodos, valores de los filtros finos-gruesos y la proximidad de zonas urbanas son factores influyentes en su ubicación y tamaño, además está limitada al tratamiento de lodos totalmente digeridos y/o bien estabilizados puesto que su utilización en lodos crudos generan olores desagradables no drenan correctamente por la presencia de aceites y grasas y no se secan correctamente en su fondo.

Según el (Fondo Nacional del Ambiente, 2010), esta estructura de tratamiento final está compuesta por un filtro rápido y lento encargado de drenar sus fluidos por medio de una tubería cribada y depositado en una caja para su recirculación, es conveniente que para esta zona de clima frígido y con presencia frecuente de lluvias cuenta con una cobertura semitransparente que permita el ingreso de los rayos del sol, para su diseño es necesaria la toma en cuenta de los caudales promedios diarios y su concentración, que permitirán proyectar producciones de lodos trimestrales que es el tiempo en el que se tiene un lodo totalmente digerido, es decir el que se encuentra en el fondo de los depósitos.

Por último el agua residual ya tratada es descargada en un **Efluente final**, Según la (OS.100, 2006), el agua tratada que sale del tratamiento terciario hacia el cuerpo receptor efluente debe ser conducido por medio de una tubería de 200mm de diámetro interior como mínimo, además del uso de uniones flexibles o en su defecto cajas de inspección bajo los siguientes detalles de diseño; el tirante máximo de agua dentro de la tubería de emisión es de 75 por ciento del diámetro total de la tubería, y manteniendo las velocidades mínimas y en cumplimiento estricto de la normativa vigente.

Tabla 4. Niveles y procesos de tratamientos de aguas residuales

NIVEL	DESCRIPCIÓN	TRATAMIENTO
PRELIMINAR	Elimina materiales que causan problemas de operación como trapos, ramas, materiales, plásticos.	Uso de rejas, tamices, desarenador, tanques de homogenización, trampas de grasa, medidor y repartidos de caudal
PRIMARIO	Elimina sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables para disminuir la carga orgánica.	Sedimentador, unidades con inyección de aire tanque séptico Imhoff y tanques de flotación
SECUNDARIO	Procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%	Lodos activados filtros percoladores humedales lagunas de estabilización. Reactores
TERCIARIO	Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración además en este nivel se remueven.	Microfiltración, la coagulación y precipitación la absorción por carbón activado, cloración, destilación, oxidación química extracción por solvente remoción por espuma nitrificación - de nitrificación

Fuente (RNE OS – 090 PTAR)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es **Investigación aplicada**, se aplicarán conocimientos aplicados al diseño hidráulico, practica de teorías dadas y la experiencia obtenida en obras similares, la cual aportara criterios de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### 3.2. Variables y operacionalización

*Tabla 5. Variables y operacionalización*

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Contaminación de ríos con aguas residuales	"Se entiende por contaminación del agua de ríos a la acción o al efecto de introducir algún material o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales". Cárdenas (2018)	La contaminación de ríos depende de aspectos tales como las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua residual que se genera <del>domésticamente</del> .	Características físicas del agua residual	- Sólidos, turbiedad - Color, Olor - Temperatura - Densidad - Conductividad
			Características químicas del agua residual	- pH - Nitrógeno, Fosforo - Alcalinidad - Cloruros, - Azufre - Metales, Gases
			Características bacteriológicas del agua residual	- Bacterias - Protozoos - Helmintos y - Virus
Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Diseño de la planta de tratamiento	"El diseño es la iniciación del cambio en las cosas hechas por el hombre, nos lleva a concluir no solo el proceso de producción de dibujos si no también la utilidad y desempeño del producto como parte integrante de un diseño". Vilca (2017)	El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se inicia realizando un levantamiento topográfico, un estudio de mecánica de suelos; posterior a ellos se realiza el cálculo hidráulico de aguas residuales y el diseño de la PTAR.	Levantamiento topográfico	- Puntos topográficos - Curvas de nivel
			Estudio de mecánicas de suelos	- Caracterización de suelos - Estratigrafía del terreno - Capacidad portante del suelo - Límites de consistencia - Contenido de cloruros, sulfatos y sales totales
			Cálculo hidráulico	- Caudal generado de agua residual - Caudal futuro de agua residual

Fuente elaboración propia

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población y la muestra son herramientas que nos servirán como herramientas de diseño para la propuesta técnica de descontaminación del agua residual.

- **Población**

La población es el grupo conformado por elementos, que se desean estudiar en la investigación. Al igual que otros grupos estas cuentan con sub grupos que son sus características individuales. (López, 2011, p. 69). La población y la muestra son elementos que nos servirán como herramientas de diseño para la propuesta técnica de descontaminación del agua residual.

La población fueron los diseños de plantas de tratamiento similares a la muestra elegida.

- **Muestra**

La muestra es la planta de tratamiento de agua residual del distrito de Juli.

- **Muestreo**

El muestreo del agua residual y suelo que contribuyeron al diseño de la planta de tratamiento de agua residual del distrito de Juli.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

El método es de recopilación o recoger datos para su posterior análisis, los cuales para esta presente investigación fueron:

- Se partió de la observación del área de investigación.
- Se hizo un levantamiento topográfico con planillas de planimetría del área de investigación necesarios para las bases de diseño.
- Se recolecto datos poblacionales y se contrasto con la información proporcionada por el INEI y alimentar las bases de diseño.

- Se muestreo y clasifico el suelo mediante la Metodología SUCS, con estudios de laboratorio.
- Se muestreo y caracterizo físico-químicamente de agua residual en el punto “PTAR” mediante estudios en laboratorio, en el que se hizo la comparativa de los resultados con los LMP y ECAs.
- Se propuso un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en función de las bases de diseño.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Fueron necesarios el uso de equipos topográficos, instrumento de muestreo de aguas y formatos para la toma de datos correspondientes a dicho a la población y planimetría del distrito. De la misma manera se procesó los datos por medio de un software, y posterior planteamiento de la propuesta de diseño de planta de tratamiento.

- Ficha de recolección de datos y registro de características resaltantes del área de investigación.
- Hoja de datos poblacionales actual y futura del área de investigación, obtenidas del INEI.
- Estación topográfica para el levantamiento de la planimetría del área de investigación.
- Recipientes de muestro para el Informe de caracterización físico-química del agua residual domestica proporcionado por el laboratorio.
- Depósitos para muestreo del suelo y posterior Informe de Clasificación del mismo proporcionado por el laboratorio.
- Software computacional para el tratamiento de datos y proposición del diseño de planta de tratamiento de agua residual.
- Instrumentos bibliográficos para la realización de la memoria de cálculo de diseño de la P-T-A-R.

### 3.5. Procedimientos

Los procedimientos para el desarrollo del actual proyecto de investigación de propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales se cumplió con los procedimientos establecidos por el fondo Nacional de Ambiente (FONAM) y la norma OS 90 del Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se tomó en cuenta el procedimiento del diseño para el Tratamiento preliminar, Tratamiento Primario, Tratamiento secundario y Terciario, de acuerdo a los cálculos obtenidos se procede con la propuesta de diseño viable de la planta de tratamiento, según la siguiente secuencia:

**Primero:** se procedió con la delimitación del área de estudio que comprende el área superficial del sistema de tratamiento actual.

**Segundo:** Se realizó el muestreo según protocolos, del agua residual conducida por las redes colectoras en el punto de monitoreo PTAR, para obtener sus parámetros físico-químicos mediante ensayos de laboratorio.

**Tercero:** Se realizó el levantamiento topográfico para obtener la planimetría del área superficial de estudio.

**Cuarto:** Se realizó el muestreo del suelo para su Clasificación mediante estudios de laboratorio, del área en donde se propone el diseño de planta de tratamiento.

Todos los datos recolectados sirvieron como bases para el diseño de planta de tratamiento de agua residual.

#### **Delimitación del Área de Estudio.**

Esta Delimitación permitió determinar el área superficial específica de estudio que la investigación contempló; la Delimitación comprendió el último buzón de entrega de agua residual hasta el último buzón de descarga de agua tratada, contemplando el área total disponible del terreno en el actualmente se encuentra el sistema de lagunas de oxidación propiedad de la municipalidad distrital.

## **Trabajos de campo.**

### **Selección del punto de monitoreo de Calidad de agua.**

El punto de monitoreo para la Evaluación de la Calidad de agua fue en punto de entrega del ultimo buzón del sistema existente denominado PTAR01.

### **Muestreo de agua y suelo.**

El muestreo se hizo en el mes de noviembre donde la carga hidráulica fue elevada en el sistema, la toma de muestra tanto del agua residual como del suelo se realizó de acuerdo con los protocolos estandarizados y proporcionados por el laboratorio.

### **Aforo.**

Para establecer los caudales actuales de entrada y salida del sistema actual, para calcular el aforo se empleó el método volumétrico, con un depósito graduado de 20 litros, y se efectuó el registro del tiempo de llenado de dicho recipiente, un total de 10 aforos para luego promediar los Resultados y tener un resultado acertado.

### **Levantamiento topográfico del área de estudio.**

Con la Delimitación del área de la investigación se procedió a realizar un levantamiento topográfico (a Nivel superficial), para determinar la planimetría del área de estudio se consideró las vías aledañas en donde se encuentra instalado el emisor General hasta el área perimetral disponible para la propuesta de diseño de planta de tratamiento, esta información es importante para la definición de la fuerza tractiva necesaria para el flujo de sólidos en suspensión por los canales, así como para diseño de perfil hidráulico de la planta de tratamiento de agua residual.

La recolección de datos de la superficie se realizó con estación topográfica, el procesamiento y definición de la planimetría se realizó con software computacional.

### **Ensayos de laboratorio.**

Se realizó un análisis físico y químico que consiste en la caracterización del agua que efluye actualmente por el punto de muestreo PTAR01.

Estos ensayos de calidad de agua y suelo fueron efectuados en un laboratorio acreditado.

### **Diseño de planta de tratamiento de agua residual.**

#### **Bases de diseño.**

Comprende el grupo de datos que condicionan el diseño, como el dimensionamiento de las estructuras de tratamiento. Estos datos incluyen: la población de diseño, el caudal de descarga, densidades y aportes per cápita del agua residual de origen domestico también comprenden las particularidades del agua residual para la que se realizó el diseño.

#### **Criterio de diseño.**

Los criterios de diseño definen los lineamientos referenciales para el desarrollo técnico del diseño sistema alcantarillado de las redes colectoras principales, emisor General y cada componente del sistema de tratamiento de agua residual.

Según RNE OS. 090, indica que con los datos recolectados se determinaran las bases de diseño de la PTAR. Para efectos de este diseño se consideró un período de diseño entre 20 años, además la información base de diseño ayudo a determinar las condiciones actuales, futuras e intermedias de acuerdo con los parámetros

Población de diseño total q aporta al sistema.

Caudales promedios medios, mínimos y máximos diarios que fluirán por las redes de alcantarillado.

Caudales máximo y mínimo horarios.

Caudal de aporte externo por infiltración.

Aporte per cápita de aguas desechadas de origen doméstico.

Aporte de la DBO, nitrógeno y sólidos en suspensión.

Las particularidades físicas y químicas del agua desechada.

Concentraciones de: la DBO, la DQO, los SST y coliformes en el agua desechada.

- Para efectos del cálculo de la carga hidráulica de diseño considera la Población proyectada o futura, la que se calcula considerando la cantidad poblacional actual y el periodo de diseño de 20 años optado según la información estadista del INEI.
- La cantidad de agua dotada varía de acuerdo al uso del área urbana, que de acuerdo con la Resolución Ministerial-173-2016-Vivienda, dotación de agua por habitante por día: en la región costa es de 90 litros por habitante por día, para la sierra de 80 Litros por habitante por día y para región selva es de 100 Litros por habitante por día, la dotación entregada es de acuerdo al grado de formación de la población usuaria la cantidad de locales de comercio y el alcantarillado instalado en el área urbana del distrito de Juli. El área de estudio se establece en la región geográfica de la sierra por lo que la dotación asumida es de 80 Litros/habitante/día.
- Coeficiente de retorno. Según el RNE se considera el 80% del total de agua dotada asumiendo su uso máximo horario.
- Las redes de alcantarillado (colectores primarios y emisor General); están instalados por las vías públicas que Generalmente en los ejes de los jirones y/o avenidas para facilitar la evacuación de aguas con contenido

de sólidos hacia ambos márgenes según el ancho de vía, y evitar su ingreso a las redes.

- La medida entre las caras interiores de las cámaras de inspección es de acuerdo con la tubería del colector principal. y sus profundidades están planteadas de acuerdo con lo estipulado en el (R.N.E.)
- Separación máxima entre buzones o cámaras de inspección, la distancia máxima de separación entre buzones consecutivos.
- Los colectores principales recolectan los residuos de las redes de colección secundarias y terciarias, estas conducen el agua residual hacia los emisores. Estos tienen un diámetro nominal de 200mm de diámetro.
- El emisor General es el que recibe la cantidad total de agua residual derivada de los colectores principales y conducen el mismo hacia la P-T-A-R, con una pendiente mínima de  $S=2.0\%$  con una fuerza tractiva que garantice el arrastre de los sólidos en suspensión y sedimentación hacia la estructura de tratamiento primario, el diámetro nominal de esta red emisor es de 250mm.
- El funcionamiento Hidráulico de colectores principales y emisor General obedecen a la fórmula de Manning, el que se refiere básicamente a flujo no continuos y/o Variables que son conducidos sin presión y a tubo no lleno es decir abiertos.
- Coeficiente de rugosidad de Manning (n), este coeficiente depende del estándar de material de la tubería, este varía entre PVC y concreto dependiendo:
- Profundidad mínima de colectores es no menor de 1.00 metros el recubrimiento es medido desde la clave media de las tuberías hasta la superficie de rodadura vehicular, y no por debajo de 0.60 m en las vías de tránsito peatonal.
- El planteamiento técnico de la P-T-A-R de origen doméstico. Se realizo acorde con las bases de diseño y en seguimiento estricto de la Normativa OS-090 del R.N.E., con un ciclo de diseño de 20 años, con etapas de implementación.
- El sistema de tratamiento planteado fue de un canal con cámara de rejas en el punto de descarga del emisor General, seguidamente un desarenador, luego

02 tanques Imhoff, filtros percoladores por último sedimentadores secundarios con cámara de cloración hasta el punto de vertimiento el efluente final, y para el secado de residuos sólidos como lodos se plantea una estructura de evaporación y/o secado de lodos para su posterior traslado y almacenaje.

### **3.6. Método de análisis de datos**

#### **Análisis de datos**

Se hará el uso teorías y el uso de softwares, teniéndose en cuenta los lineamientos y parámetros básicos de la normatividad dada, para su comparación y diseño según el (RNE).

Los Software que se utilizó para el análisis, tratamiento de los datos y planteamiento del diseño son los siguientes:

- Autodesk AutoCAD Civil 3D 2018, para el procesamiento de los datos topográficos.
- Autodesk AutoCAD 2018, para la elaboración de los planos finales del planteamiento de planta.
- Programa Office Excel, para la memoria de cálculo poblacional e hidráulico de la P-T-A-R.

#### **Interpretación de datos**

Posteriormente se hace la interpretación de datos se deberá efectuar de acuerdo a los objetivos planteados en la guía del RNE.

Los resultados del análisis, Predimensionamientos y cálculos se realizaron en función a las bases de diseño según (RNE) y Resultados de laboratorio, se propuso una PTAR de tipo mixto es decir tratamiento aerobio y anaerobio con tres Niveles de tratamiento; cámara de rejillas, desarenador, tanque imhoff, filtro percolador, un sedimentador (precipitador) secundario, una caja de cloración y una caja de concreto simple para el secado, también el emisor de salida hasta el punto de descarga en el efluente.

Luego se efectuó los dibujo y representación del perfil hidráulico en los planos.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los derechos de autoría en la investigación son irrenunciables y perpetuos que posee el autor, su importancia se evidencia desde el reconocimiento del derecho de autor en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, en donde otorga protección a la propiedad intelectual y en nuestro país el estado protege a través de INDECOPI y nosotros como autores del presente proyecto de investigación brindamos nuestro compromiso a respetar la autenticidad de conceptos, teorías, resultados y otros que pertenezcan a un determinado autor, así mismo nuestro compromiso de exponer resultados con toda veracidad y autenticidad.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Presentación de resultados

#### 4.1.1. De la Clasificación del suelo

De los Resultados de Clasificación del suelo SUCS (SP) se obtuvo que los depósitos aluviales que conforman en la parte superficial y la morfología del terreno en la zona de investigación es relativamente estable, además en el área de influencia directa no se ha apreciado los riesgos geotécnicos que pudiera afectar en el proceso constructivo y lo posterior. La resistencia del suelo o la capacidad portante se ha determinado a partir de los datos de ensayo de corte Directo.

Perfil Estratigráfico: La descripción del perfil estratigráfico encontrados en la excavación de calicata en campo, fueron de acuerdo con las recomendaciones del especialista y una previa evaluación geotécnica in situ a continuación se detalla el perfil estratigráfico.

- 0.00 - 0.20m. Superficialmente está conformado de material arena limosa con intercalaciones de raíces de los arbustos.
- 0.20 - 1.70m. Tipo de estrato arena pobremente graduada color gris plomizo en estado semi compacto, hacia la profundidad continua la litología del terreno.
- 

Prof. (m)	GRAFICA	Nº DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		MO	Pt	superficialmente esta cubierto de material limoso con intercalaciones de las raíces de los arbustos
0.20				
0.30		M-01	SP	tipo de estrato arena pobremente graduada en estado semi compacto, hacia la profundidad continua la litología del subsuelo
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				

Figura 6. Clasificación del suelo del área de investigación.

FUENTE: Estudio de mecánica de suelos. (2020)

## Clasificación y Caracterización del Suelo

De acuerdo con los ensayos estándares de laboratorio, las muestras obtenidas del campo de diferentes estratos fueron clasificados según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos a continuación se detalla.

Calicata N° 01 PTAR

Muestra N° 01:

- Humedad natural : 7.66 %
- Pasante malla 200 : 2.95 %
- Limite líquido : 18.97 %
- Limite plástico : NP
- Índice plástico : NP
- Clasificación de suelos:
  - SUCS : SP
  - AASHTO : A-1-b(0)

Lo que significa que el área de investigación es **arenosa pobremente graduada color gris plomizo en estado semi compacto**, hacia la profundidad continua la litología del terreno clasificado por SUCS como SP. con una profundidad de cimentación recomendada de -1.20 metros, con un  $Q_{adm}=0.98\text{Kg/cm}^2$

### 4.1.2. Del levantamiento topográfico

La superficie bajo la cual se encuentra instalada la red emisor general es compacta y la tubería de  $D_n=300$  mm conduce agua a tubería semillena que tiene una diferencia de cotas mínima, puesto que el terreno es llano, desde el término de la vía de acceso que se encuentra a una cota de 3813.40 m.s.n.m. hacia el lugar designado para la descarga del agua tratada que está a una cota de 3812.8 m.s.n.m. se tiene una diferencia de cotas de 0.60 metros, además se tiene que el

área de terreno superficial disponible para la nueva P-T-AR es de 9542.67 m<sup>2</sup> con un perímetro total de 418.25 metros.

#### 4.1.3. Resultados de Calidad del agua residual

Se realizó la comparación a la estación de monitoreo PTAR01 con el D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de P-T-A-Rs de origen domésticos o Municipales.

Tabla 6. Comparación de Resultados en la estación PTAR01 con D.S. N° 003-2010-MINAM.

Tipo de Muestra				Agua Residual Municipal	D.S. N° 003-2010-MINAM
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	Salida de aguas residuales laguna de oxidación (PTAR 01)	LMP para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	6,2	20
Coliformes Fecales	8825	NMP/100mL	1,8	25,000	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1828	mg/L	2	< 2	100
Demanda Química de Oxígeno	8803	mg O <sub>2</sub> /L	2	15	200
pH *		Unidad de pH		7,2	6,5-8,5
Sólidos Totales Suspendidos	1843	mg/L	2	20	150
T *		°C		5	<35
Fósforo Total	8807	mg P/L	0,012	2,270	---
Nitrógeno Amoniacal	11620	mg NH <sub>3</sub> -N/L	0,006	8,91	---
Nitratos, (como N)	16189	mg/L	0,003	< 0,003	---
Nitritos, NO <sub>2</sub> -	16189	mg/L	0,003	< 0,003	---
Escherichia coli	8830	NMP/100mL	1,8	25000	---
Salmonella	8162	AUS/PRES	1	Ausencia	---
Vibrio cholerae	9218	AUS/PRES	---	Ausencia	---

FUENTE: Estudio de Calidad de Agua (ALS Corplab - 2020)

#### Interpretación:

- Los contenidos de Aceites y grasas, D-B-O, D-Q-O, pH, S-S-Totales y la Temperatura encontrados en la estación de monitoreo PTAR01 se encuentran por debajo del L-M-P. indicado en el D-S. N° 003-2010-MINAM.
- Los contenidos de coliformes fecales en la ubicación de monitoreo PTAR01 superan los L-M-P. indicados en el D-S. N° 003-2010-MINAM.

Se realizó la comparación a la estación PTAR01 con el D-S. N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la descarga de fluidos de categoría tres es decir para la reutilización en riego de parcelas o para la rehidratación de animales.

Tabla 7. Comparativo de resultados de monitoreo de PTAR01 con D.S. N° 004-2017-MINAM..

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales	Agua Residual Municipal
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Salida de aguas residuales laguna de oxidación (PTAR 01)
<b>ORGÁNICO</b>					
<b>Bifenilos Policlorados</b>					
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0.04		0.045	---
<b>PLAGUICIDAS</b>					
Paratión	µg/L	35		35	---
<b>Organoclorados</b>					
Aldrin	µg/L	0.004		0.7	---
Clordano	µg/L	0.006		7	---
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0.001		30	---
Dieldrin	µg/L	0.5		0.5	---
Endosulfán	µg/L	0.01		0.01	---
Endrin	µg/L	0.004		0.2	---
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01		0.03	---
Lindano	µg/L	4		4	---
<b>Carbamato</b>					
Aldicarb	µg/L	1		11	---
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100	1,000	2,000	---	---
	ml				
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100	1,000	**	**	25,000
	ml				
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**	---

FUENTE: Estudio de Calidad de Agua (ALS Corplab - 2020)

## Interpretación:

### Riego de vegetales

- Las cantidades de (D-B-O5), Nitratos (N03--N), Nitritos (N02- -N), en la estación de monitoreo PTAR01 son menores que las cantidades de los E-C-As para Agua de categoría 3 indicados en el D.S. N° 004-2017-MINAM y Potencial de Hidrógeno (pH) se encuentra dentro de valores permitidos.

- Las cantidades de Aceites y grasas, Escherichia coli en la estación de monitoreo PTAR01 supera los E-C-As para agua de Categoría 3 indicados en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

### **Bebida de animales**

- Los valores de Aceite y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos (N03--N), Nitritos (N02- -N), Nitritos (N02- -N), pH, Sólidos Totales Suspendidos, Temperatura en la estación de monitoreo PTAR01 se encuentra dentro del rango proporcionado por los E-C-As para agua categoría 3 indicados en el D.S. N° 004-2017-MINAM y Potencial de Hidrógeno (pH) se encuentra dentro de valores permitidos.
- Las cantidades de la D-Q-O, Escherichia coli en la estación de monitoreo PTAR01 supera los E-C-As proporcionado por el D.S. N° 004-2017-MINAM.para la descarga de aguas de categoría 3.

## **4.2. Diseño De planta De Tratamiento De Aguas Residuales.**

### **4.2.1. Diseño de planta tipo combinado**

Esta propuesta de diseño de tratamiento de aguas residuales domesticas es de tipo combinado (Aerobio – Anaerobio),con limpieza inicial de cribas y rejillas de donde el agua pasa a un desarenador que retiene las partículas pesadas, posteriormente pasara hacia un tanque Imhoff en donde el agua residual es retenida y por medio de la gravedad separa los sólidos de diferente peso específico, luego por rebose pasa hacia los filtros percoladores en donde el componente orgánico que contenga es retenido, posteriormente ingresa a un sedimentador secundario en donde son separados los sólidos que hayan podido atravesar, por último el agua ya tratada por medio rebose es derivada a un canal de cloración en donde se le dará el tratamiento final para luego ser vertida al cuerpo receptor en este caso bofedal aguas abajo.

Los sólidos retenidos en el desarenador y lodos digeridos en el tanque imhoff y sedimentador secundarios serán derivados por gravedad hacia unos buzones de acumulación de donde serán impulsados hacia un lecho de secado de lodos para su disposición final.

El presente planteamiento técnico no contempla el uso de energía eléctrica para el funcionamiento del sistema ya que funcionara por gravedad, por lo que se propone elevar el buzón de ingreso y las estructuras de tratamiento primario por medio de un relleno con material de préstamo de 7.00 metros de alto, ya que a partir del levantamiento topográfico se tiene que la red del emisor General puede ser elevada y mantener la pendiente mínima garantizando su fuerza tractiva y por ende el funcionamiento de la planta de tratamiento por gravedad.

#### **4.2.2. Población y caudal de diseño (Carga hidráulica)**

##### **Cálculo de la población de diseño**

<b>1.- VIVIENDAS</b>	
<b>1.1.- VIVIENDAS SEGÚN INEI 2017</b>	<b>3,949</b>
<b>2.- DENSIDAD</b>	2.11 Hab./Vivienda
<b>3.- POBLACIÓN ACTUAL INEI 2017</b>	<b>8,314</b> Habitantes
<b>3.1. POBLACIÓN ESTUDIANTIL (Pe)</b>	260.00 Estud.
<b>a. POBLACIÓN ESTUDIANTIL INICIAL (Pei)</b>	150.00 Estud.
<b>b. POBLACIÓN ESTUDIANTIL SUPERIOR (Pes)</b>	110.00 Estud

<b>Centro Poblado</b>	<b>INST. EDUC.</b>	<b>N° Estudiantes</b>
JULI	PRONOEI	17
	I. E. INICIAL	48
	I. E. PRIMARIA	85
	EDUC. SUPERIOR	
	I. E. SECUNDARIA	110
<b>TOTAL, ESTUDIANTES</b>		<b>260</b>

### 3.2. LOCALES COMUNALES TIPO OFICINA (Lc)

647.57 m<sup>2</sup>

Centro Poblado	Locales sociales	Area
JULI	MUNICIPALIDAD	179.38
	IGLESIA	145.00
	LOCAL DEP.pd	85.00
	LOCAL DEP.cc	90.00
	LOCAL COMUNAL pi	85.00
	LOCAL C	63.19
<b>TOTAL</b>		<b>647.57</b>

### 3.3. PUESTO DE SALUD (Ls)

5.00 Und

Centro Poblado	Centro salud	Cantidad camas
JULI	HOSPITAL	5
<b>TOTAL</b>		<b>5</b>

#### 4.- TASA DE CRECIMIENTO SEGÚN INEI (%)

0.12 %

#### 5.- PROYECCIÓN DE DISEÑO (AÑOS)

20 Años

#### 6.- CANTIDAD POBLACIONAL DE DISEÑO "Pf" - (Hab)

8,514 Habitantes

##### MÉTODO ARITMÉTICO

$$Pf = P0 ( 1 + r t / 100 )$$

**8,514** Hab.

#### 7.- DOTACIÓN (LT/HAB/DIA)

##### 7.1. DOTACIÓN PARA VIVIENDAS (LT/DIA/EST)

**80.00** RM 173 - 2016

##### 7.2. DOTACIÓN EDUCACIONAL INICIAL (LT/DIA/EST)

**20.00** RM 173 - 2016

##### 7.3. DOTACIÓN EDUCACIONAL SUPERIOR (LT/DIA/EST)

**25.00** RM 173 - 2016

##### 7.4. DOTACIÓN LOCALES COMUNALES TIPO OFICINA (LT/DIA/M<sup>2</sup>)

**6.00** RNE

##### 7.5. DOTACIÓN CENTROS DE SALUD (LT/DIA/CAMA)

**600.00** RNE

#### 8.- CAUDAL DE CONSUMO Q<sub>p</sub>

305.36 m<sup>3</sup>/d

#### 9.- CAUDAL DOMESTICO DESECHADO Q<sub>p</sub>

**555.00** m<sup>3</sup>/d

$$Q_m = 0.8 \times Q_p =$$

6.307 Lit./Seg. 544.90 m<sup>3</sup>/d

$$Q_m Pe = 0.8 \times \text{Estudiantes Inicial} \times \text{Dot.}$$

.028 Lit./Seg. 2.40 m<sup>3</sup>/d

$$Q_m Pe = 0.8 \times \text{Estudiantes Superior} \times \text{Dot.}$$

.025 Lit./Seg. 2.20 m<sup>3</sup>/d

$$Q_m Lc = 0.8 \times \text{Area} \times \text{Dot.}$$

.036 Lit./Seg. 3.11 m<sup>3</sup>/d

$$Q_m Ls = 0.8 \times N^\circ \text{ camas} \times \text{Dot.}$$

.028 Lit./Seg. 2.40 m<sup>3</sup>/d

## FACTOR DE MAYORACIÓN

K1 =	1.2 a 1.5	====>	1.30
K2 =	1.8 a 2.4	====>	2.0
K3 =	0.2 a 0.5	====>	0.50

**10.- CAUDAL MAXIMO DIARIO** 721.51 m3/d

$$Q_{\text{máxd}} = K1 \times Q_p$$

**11.- CAUDAL MAXIMO HORARIO** 1110.01 m3/d

$$Q_{\text{máxh}} = K2 \times Q_p$$

**12.- CAUDAL MINIMO HORARIO** 277.50 m3/d

$$Q_{\text{mính}} = K3 \times Q_p$$

**13.- CAUDAL DE INFILTRACIÓN (Q inf)** 8.857 m3/d

$$Q_i = q_i \times \text{longitud de tubería} =$$

8.86 m3/d

$$\text{Según RNE OS.070 Tasa de infiltración } T_i =$$

0.05 a 1  
L/(s·Km)

0.05 L/(s·Km)

$$\text{Longitud de colector } L =$$

2.050 Km

**14.- CAUDAL POR PRECIPITACIÓN PLUVIAL (Para pueblos sin sistema de evacuación pluvial)**

$$Q_{pp} = \text{Modulo de pp} \times n^{\circ} \text{ de buzones}/1000 =$$

28.18 m3/d

$$\text{Porcentaje de zonas que no cuentan con evacuación pluvial}$$

100.0 %

$$\text{Ancho promedio de calles}$$

5.0 m

$$\text{Distancia promedio entre buzones}$$

30.70 m

$$\text{Para Juli pp máxima histórica de 24 h}$$

3.75 mm

$$\text{Para Juli modulo de pp} =$$

575.11 l/buzon/día

$$\text{Cantidad de buzones} =$$

49 unidades

**15.- CAUDAL INDUSTRIAL**

$$Q_{ind} = \text{Dot industrial} \times \text{cantidad de fuentes}/86400 =$$

0.000 m3/d

$$\text{Dotación Industrial (L/s*personal)}$$

80 l/fuente/día

$$\text{Cantidad de fuentes} =$$

0 fuentes

## 16.- CAUDAL DE DISEÑO - PTAR

De los cálculos realizados se obtiene que para una población urbana estable de diseño de **8,514** habitantes con una proyección futura de 20 años y utilizando la tasa de crecimiento de 0.12 %, la cantidad de agua entrante al sistema será:

$$\begin{aligned} Q_{prom} &= Q_p = Q_e + Q_{inf} + Q_{ind} = 563.86 \text{ m}^3/\text{d} & 6.53 \text{ Lit./Seg.} \\ Q_{maxd} &= Q_{md} = Q_{md} + Q_{inf} + Q_{ind} = 730.36 \text{ m}^3/\text{d} & 8.45 \text{ Lit./Seg.} \\ Q_{maxh} &= Q_{max} = Q_{maxh} + Q_{inf} + Q_{pp} + Q_{ind} = 1,147.05 \text{ m}^3/\text{d} & 13.28 \text{ Lit./Seg.} \\ Q_{minh} &= Q_{min} = Q_{minh} + Q_{inf} + Q_{ind} = 286.36 \text{ m}^3/\text{d} & 3.31 \text{ Lit./Seg.} \end{aligned}$$

Los caudales que se utilizaron para el dimensionamiento fueron en función del tiempo de retención tanto para las estructuras de tratamiento primario, secundario como para el terciario.

### 4.2.3. Nivel de Tratamiento Preliminar - Primario

Para las estructuras de tratamiento primario planteo inicialmente un canal rectangular con cribas de acero inoxidable y By Pass para retener agentes sólidos ajenos al agua residual como bolsas, plásticos, botellas, ramas, etc., seguidamente como se sabe el agua residual carga partículas solidas en suspensión y también arenas, para evitar el paso de esta, planteo la construcción de un desarenador con su respectivo vertedero sutro, luego el agua pasara hacia el tanque Imhoff que por estar construido en un relleno compactado funcionara a tempera viable para el completar el tratamiento primario, el diseño del planteamiento se detalla a continuación:

#### Canal Rectangular de Ingreso

Inicialmente se calculó la pendiente tomando en cuenta la carga hidráulica máxima horaria de  $Q_{máxh} = 13.276 \text{ Lit/seg}$ , la sección hidráulica del canal que es  $Ah = 0.027 \text{ m}^2$ , el tirante de aguas arriba para  $Q_{mh}$  que es  $y = 0.065 \text{ m}$ , para un ancho de canal  $b = 0.40 \text{ m}$  y una velocidad menor a  $0.60 \text{ m/s}$ , además del coeficiente Manning  $n = 0.015$ ;

$$S = (Qn / AR^{2/3})^2$$

$$S = 0.03\%$$

Por lo tanto, asumo una pendiente de canal de 0.03% con una longitud de transición de 0.40m.

Seguidamente se calcula la altura del canal de entrada tomando en cuenta el tirante de aguas arriba  $y=0.065m$ , la pérdida de carga en rejas limpias además del espaciamiento entre barras  $a=25mm$ ;  $hf=0.014m$ , también se considera la pérdida de carga en rejas obstruidas al 50% que es  $hfo=0.10m$ , luego se calcula la pérdida de carga total:

$$ht = y + hf$$

$$ht = 0.164m$$

la altura de canal de entrada será el máximo valor de  $ht$  más  $0.30m$  de borde libre:

$$he = ht + bl$$

$$h = 0.50m$$

por lo tanto, la altura del canal de entrada será  $h=0.50m$ .

Luego, se calcula la altura del canal de salida tomando en cuenta la altura de la cresta del canal By Pass  $h=0.16m$ , la pérdida de carga en rejas al 50%,  $hfo=0.10m$ , y la pérdida de carga total  $ht=0.164m$ , además del borde libre:

$$hs = ht + hfo + bl$$

$$h = 0.60m.$$

Por lo tanto, se tendría un canal de rejas de base  $b=0.40m$ , con una pendiente de  $0.03\%$ , altura de ingreso de  $0.50m$ . y una altura de salida de  $0.60m$ . además se tendrá que instalar una rejilla de acero inoxidable con espaciamiento entre barras rectangulares de  $e= 25 mm$ . coeficiente de forma  $Cf=2.42$  y con un Angulo de inclinación de  $60^\circ$  según el RNE.

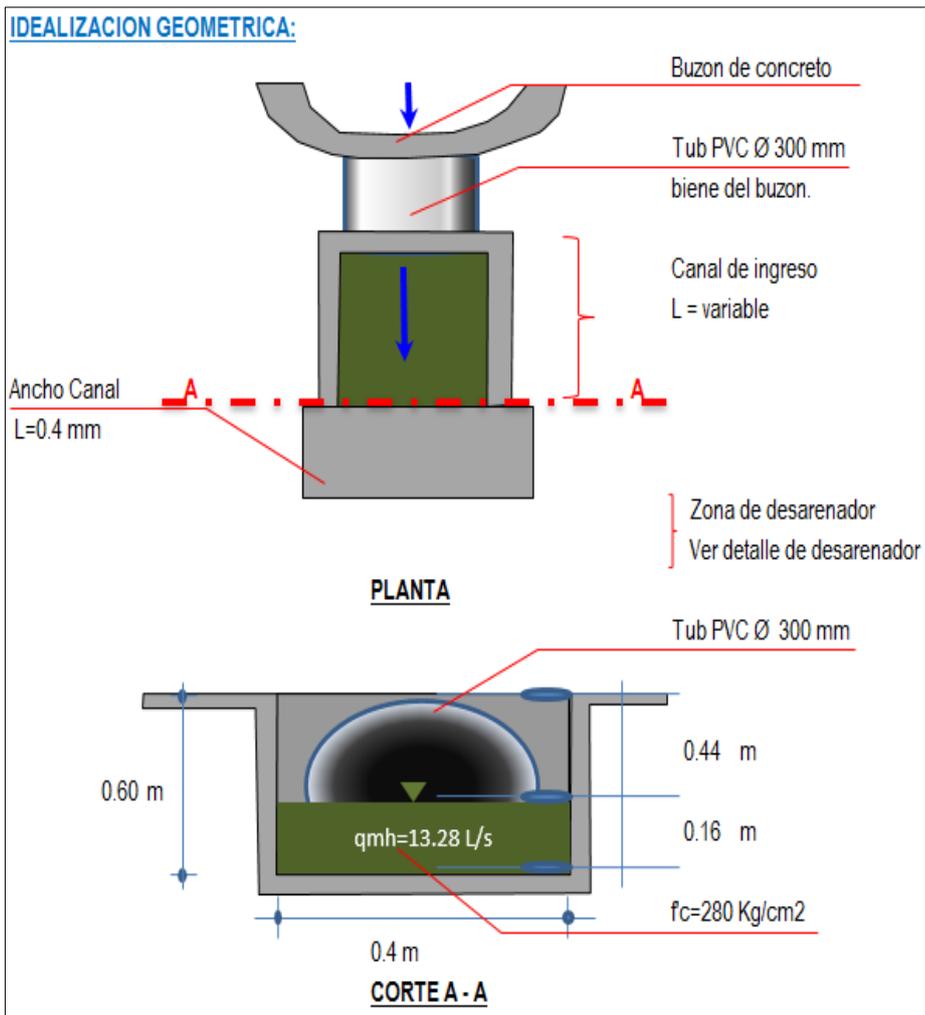


Figura 7. Idealización Geométrica del canal de ingreso a la Planta.

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 8. Cálculos de dimensionamiento

Item	Datos	Unidad	Formula	Cálculo
1	Caudal máximo horario Qmáxh = 13.276	L/s	$Ah = Q / V$	Ah = 0.027 m <sup>2</sup> Seccion hidraulica del canal
2	Base de canal de rejas b = 0.40	m	Tirante aguas arriba de las rejas para Qmh	y = 0.065 m
3	Diámetro de tubo de entrada Di = 0.29	m	$S = (Qn / AR^{2/3})^2$ Pendiente del canal	S = 0.0030 m/m S = 0.03 %
4	Espaciamiento entre barras a = 25.0	mm	$E = a / (a + t)$ Entre 20 a 50mm	E = 0.714
5	Espesor de la barra de acero t = 10	mm	Vmáx = Qmáxh / Ah = E Vrl Entre 5 a 15 mm	Vmáx = 0.500 m/s Velocidad en el canal
6	Coef. de forma de barra Cf = 2.42		$K = Cf (t/a)^{4/3} \text{sen } \emptyset$ 2.42 ==> rectangular	K = 0.618 K de Krishmes
7	Angulo de inclinación barras ∅ = 60	°	$hv = y / \text{seno } \emptyset$ Entre 45° y 60°	hv = 0.0483 m Altura de rejilla sumergida
8	Velocidad en barras limpias Vrl = 0.7	m/s	$Azr = hv \text{ bg}$	Azr = 0.0190 m <sup>2</sup> Área útil de la zona de rejas
9			$Avo = 0.5 Av$	Avo = 0.0095 m <sup>2</sup>
10			$Vmáxh = Q / Av$	Vbl = 0.700 m/s
11	Caudal promedio Qp = 6.526	L/s	$hr = K (Vmáxh^2 - V^2) / 2g$	hr = 0.023 m
12	Caudal mínimo horario Qmính = 3.314	L/s	$Vmáxh = Q / Avo$ Velocidad en barras	Vbl = 1.400 m/s
13	n de Manning n = 0.015		$Qn / S^{1/2} = by(2y + b)^{2/3}$ Tirante de agua en barras para Qp	y <sub>min</sub> = 0.0418 m 0.000000
14	Área hidráulica promedio		$A = by_{min}$	A = 0.01672 m <sup>2</sup>
15	Velocidad en el canal para Qp		$Vp = Qp / A$	Vp = 0.390 m/s
16	Tirante mínimo		$Qn / S^{1/2} = by(2y + b)^{2/3}$	y <sub>min</sub> = 0.0272 m 0.0000
14	Área hidráulica mínima		$A = by_{min}$	A = 0.01086 m <sup>2</sup>
15	Velocidad en el canal para Qmính		$Vmin = Qmin / A$	Vmin = 0.30515 m/s
16	Pérdida de carga en rejas limpias		$hf = 1.143 (V^2 - V^2) / 2g$	hf = 0.014 m
17	V = 2 Vrl		$hfo = 1.143 (V^2 - V^2) / 2g$ Pérdida de carga en rejas al 50%	hfo = 0.100 m
18	Pérdida de carga total		$ht = y + hf$	ht = 0.164 m
19	Altura del canal de entrada		$he = ht + bl$	h = 0.50 m
20	Altura del canal de salida		$hs = ht + hfo + bl$	h = 0.60 m
21	Altura a la cresta del canal by-pass		$h\text{-bypas} = ht$	h = 0.16 m
22	Número de barras		$n = b / (a + t) + 1$	n = 12.00 Und
23	Ángulo de transición β = 12.50	°	$Lt \geq (B_2 + B_1) / (2 \text{tg } \beta)$	L = 0.25 m

FUENTE: Elaboración propia

## Desarenador

Para el diseño del desarenado se considera la carga hidráulica máxima  $Q_{máxh} = 47.79m^3/h$  y de acuerdo a la tasa de aplicación  $Ta=45$  según la OS.090 del RNE, se calcula la velocidad de sedimentación:

$$As = Q_{máxh} / Ta$$

$$As = 1.062 m^2$$

Ahora se calcula el ancho de la base del canal utilizando  $Q_{máxh} = 13.28L/s$ , para un tirante calculado  $y' = 0.075m$ , a una velocidad mínima de  $0.33 m/s$  Según la OS. 090:

$$B = Q / (V * H)$$

$$B = 0.60m. \text{ (de base mayor).}$$

La longitud total del desarenador es calculada con el tirante de agua que para este caso es  $y' = 0.075m$ , para garantizar un mayor tiempo de recorrido en caso de caudal máximo horario asumo el valor de  $y = 0.14m$  que es el tirante en el canal de ingreso, entonces:

$$Ld = 25*y$$

$$Ld = 3.50m \quad \text{calculado}$$

$$Ld = 4.00m \quad \text{Asumido}$$

Del cálculo se desprende que el largo efectivo del desarenador es de  $4.00$  metros con una base de  $0.60$  metros por  $0.70$  metros de alto de canal y con  $01$  metro de transición y salida, además de vertederos sutro antes de la descarga para evitar turbulencias en caso de cambios bruscos de caudal, para este caso se plantea la construcción de dos baterías desarenadoras para que durante el mantenimiento el proceso no se detenga.

Tabla 9. Cálculos del dimensionamiento del arenador

Item	Datos	Unidad	Formula	Cálculo
1	Caudal maximo horario $Q_{\text{máxh}} = 47.79$	m <sup>3</sup> /h	$As = Q_{\text{máxh}} / Ta$	$As = 1.062 \text{ m}^2$ Velocidad de sedimentación
2	Tasa de aplicación $Ta = 45.00$		Según OS.090. Entre 45 y 70 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	
3	Unidades funcionado durante el mantenimiento $N = 1$			
4	Base del desarenador $B = 0.60$	m	$y = A' / B$ Tirante de agua en estructura	$y' = 0.075$ Calculado $y = 0.140$ Asumid m
5	Base menor del sedimentador $b = 0.40$	m	$A' = B y$	$A' = 0.08 \text{ m}^2$ Seccion transversal
6	Durante el mantenimieto de un desarenador		$Vh = Q_{\text{máxh}} / B y$ Velocidad horizontal, Seg. OS090	$Vh = 0.33 \text{ m/s}$ Alrededor de 0.3m/s + 20%
7	Longitud del desarenador		$Ld = 25 y$ <b>Longitud del desarenador</b>	$Ld = 3.50$ calculado $Ld = 4.00$ Asumido
8	Long. adicional equivalente $Lae = 25.0$	%	$Lae = 0.25 Ld$ Longitud adicional a cada lado	$Lae = 1.000 \text{ m}$
9	Longitud total del desarenador		$Lt = 2 Lae + Ld$	$Lt = 6.00 \text{ m}$
10	Coef. retencion de arena $Cr = 0.015$	L/m <sup>3</sup>	$Vr = Q_{\text{máxh}} Cr$ Vol. De arena acumulada/dia	$Vr = 0.02 \text{ m}^3/d$
11	Frecuencia de limpieza $Fl = 20$	d	$ho = Vr / (L B) Fl$ Prof. De acumulacion de arena	$ho = 0.19 \text{ m}$
12	Borde libre $Bl = 0.37$	m	$h = y + Bl + ho$ Altura del desarenador	$h = 0.70 \text{ m}$

FUENTE: Elaboración propia

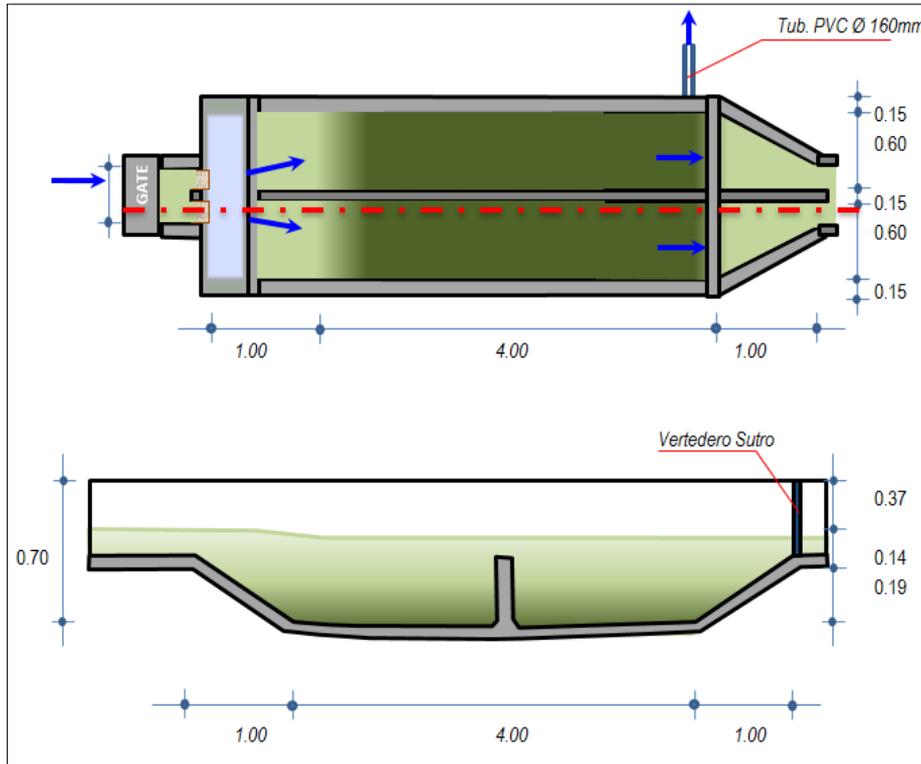


Figura 08. Idealización Geométrica del desarenador.

FUENTE: Elaboración propia

### Tanque Imhoff

Para el diseño hidráulico del tanque Imhoff es necesario el cálculo del área de sedimentación con el uso de la carga hidráulica promedio horaria  $Q_p = 23.494 \text{ m}^3/\text{h}$ , una carga superficial  $C_s = 1.00 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ , y por  $nt = 4.0$  baterías operando en paralelo:

$$A_s = Q_p / C_s$$

$$A_s = 5.87 \text{ m}^2 \text{ (que es } \leq \text{ que } 4.30 \times 1.40 = 6.00 \text{ m}^2, \text{ garantizando tratamiento)}$$

Por lo tanto, la Longitud del área de sedimentación debe satisfacer el área de  $5.87 \text{ m}^2$ , entonces  $L = 4.30 \text{ m}$ ,  $B = 1.40 \text{ m}$ , obteniendo un área de  $6.00 \text{ m}^2 \geq A_s$ .

Altura de la zona rectangular de sedimentación, esta es calculada con el uso del volumen de sedimentación  $V_s = Q_p / T_r * nt = 11.75 \text{ m}^3$ , donde el periodo de retención recomendado  $T_r = 2.00 \text{ h}$ ,  $P_{min} = 2.00 \text{ m}$ . Profundidad mínima del sedimentador con un Angulo  $\varnothing = 60^\circ$  de inclinación:

$$ht = \tan(\emptyset) B/2 \text{ (Altura de fondo de sedimentador)}$$

$$ht = 1.20m,$$

El área de sedimentación es  $L*B=6.00 m^2$ , entonces se obtiene la altura del área rectangular de sedimentación:

$$hr = \max[P-ht ; (Vs-Vt)/(L*B)]$$

$$hr = 1.40m.$$

Longitud del **vertedero de descarga**, como el funcionamiento del sistema es todo el día, para este cálculo se utiliza el  $Qmd = 730.36 m^3/d$ , la carga hidráulica en el vertedero  $Cv=190m^3/m/d$ , (de 125 a 500  $m^3/m/d$ ), además, tomamos en cuenta que se tiene en operación 4.0 baterías en paralelo:

$$Lv = Qmd / Cv$$

$$Lv = 0.96m \quad \text{Calculado}$$

$$Lv = 1.00m \quad \text{Asumido}$$

Área libre; con un espaciamiento libre mínimo según la OS.090 de  $EI=1.00$ :

$$Al = 2*L*EI*nt$$

$$Al = 41.28 m^2.$$

Superficie total del tanque:

$$At = Al + (L B + 2 e L) nt$$

$$At = 72.24 m^2$$

Ancho hidráulico total del tanque con  $L=4.20m$ :

$$Btt = At / L$$

$$Btt = 16.80 m$$

Altura del fondo de succión, con un  $nt=2.0 und$ , (baterías en paralelo), ancho de la base de succión  $b=0.60m$ , un ángulo de inclinación de  $\beta=30^\circ$  según la OS. 090, y un ancho hidráulico  $Btt=8.98 m$  se obtiene:

$$h3 = (Btt / nt - b)/2 \tan(\beta)$$

$$h3 = 1.00m.$$

Altura de la zona de digestión de lodos:

$$h_4 = (\text{Vol digestión } 82.21 - \text{Vol zona neutra } 6.36) / (Btt * L)$$

$$h_4 = 0.50\text{m.}$$

Altura vertical del digestor:

$$h_v = h_3 + h_4$$

$$h_v = 1.50\text{m.}$$

Altura interior total del tanque

$$H_t = h_t + h_r + h_v + h_{zn} + B_l$$

$$H_t = 4.90\text{m.}$$

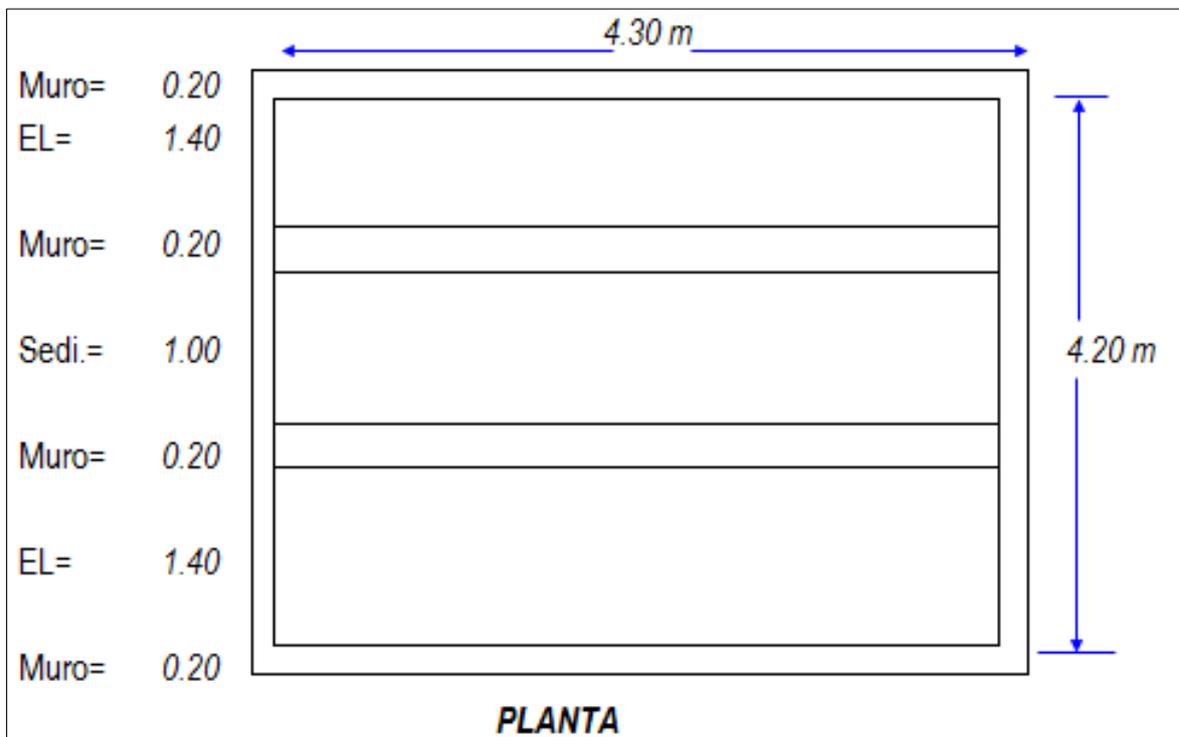


Figura 09. Idealización Geométrica del Tanque Imhoff.

FUENTE: Elaboración propia

Vista en planta de las dimensiones de la estructura tanque Imhoff que será cuádruple para garantizar el tratamiento primario durante su limpieza, mantenimiento o falla con un largo de 4.30 metros por 4.20 metros de ancho efectivo interior, para efectos constructivos se plantean muros de concreto armado de 0.20 metros de espesor con una mezcla de concreto  $f'_c=280$

Kg/cm<sup>2</sup>, con cobertura de armadura de acero y policarbonato para disminuir la influencia del clima exterior en la digestión de lodos.

En base a la O.S.090, considerando una gravedad específica de 1.05kg/L, una concentración de sólidos de 12.5 %, una densidad de sedimento de 1020kg/m<sup>3</sup> en esta estructura de tratamiento primario se verifica la reducción en un 50% de los SST y remoción de la D-Q-O y D-B-O en un 30%, con la oxidación química para un periodo de tratamiento de 110 días,

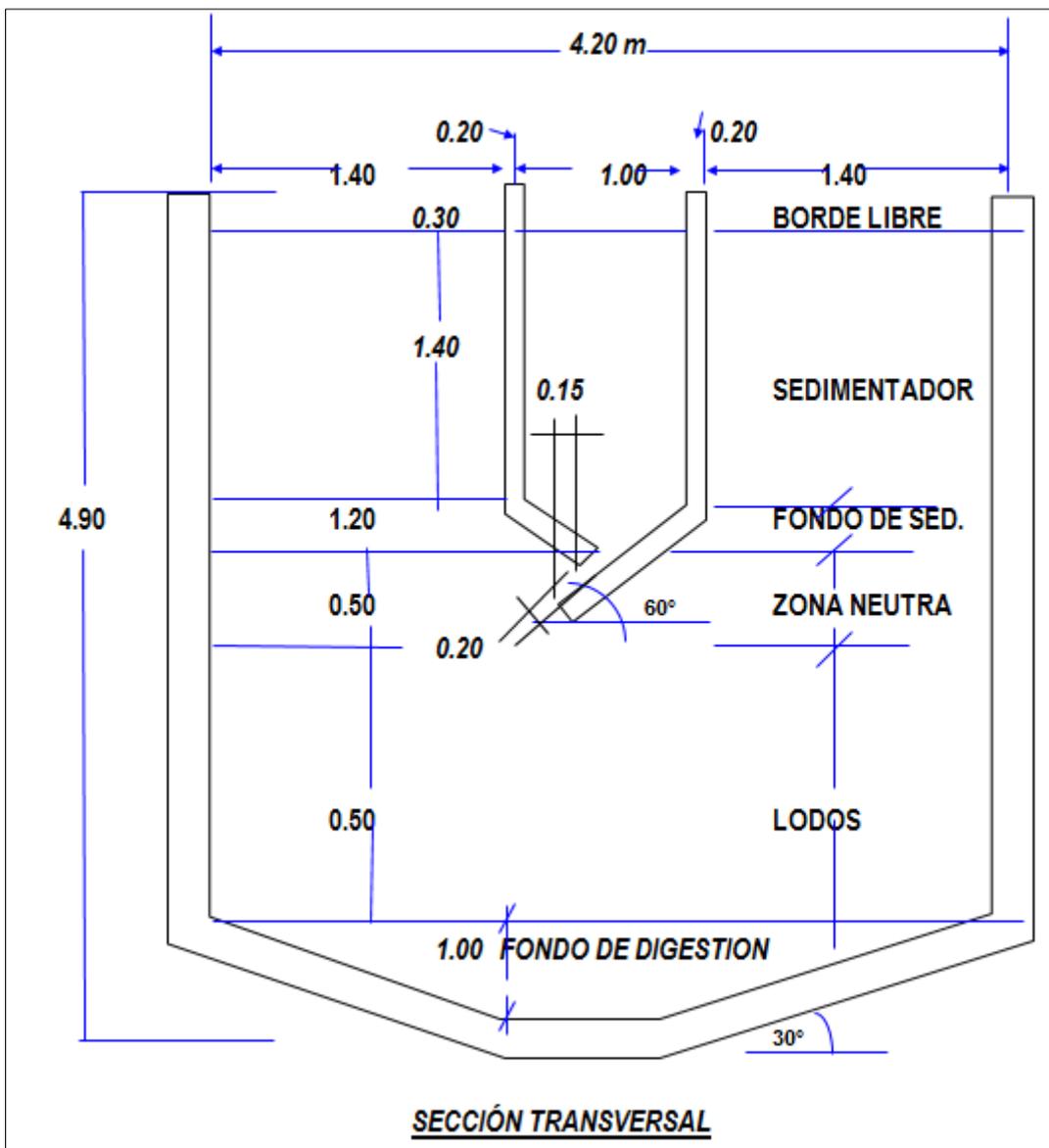


Figura 10. Idealización Geométrica de la sección del Tanque Imhoff.

FUENTE: Elaboración propia

Vista en sección del dimensionamiento de la estructura tanque Imhoff en el Nivel de tratamiento primario que tiene una profundidad efectiva de 4.90 metros, con muros exteriores e intermedios de 0.20 metros de espesor de concreto armado  $f'c=280\text{Kg/cm}^2$  por contener líquidos, el diseño contempla el funcionamiento en paralelo de cuatro tanques, garantizando su eficiencia en el tratamiento, obteniendo un resultado a la salida de SST(20 a 10)mg/L, DBO (2a1.4)mg/L, DQO(153 a 107)mgO<sub>2</sub>/L.

#### **4.2.4. Nivel de tratamiento secundario**

##### **Filtro percolador**

Para el dimensionamiento de esta estructura de tratamiento se calculó el largo interior, tomando en cuenta el área superficial ( $A_s$ ) obtenida con la carga hidráulica prom.  $Q_p= 563.9 \text{ m}^3/\text{d}$ , y la carga hidráulica  $Q_i=1.00\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ :

$$A_s = Q_p / Q_i$$

$$A_s = 563.9 \text{ m}^2. \text{ (Área superficial Total requerida)}$$

Largo de cada reactor, para este cálculo asumo la longitud del ancho  $B=5.50$ , (que es una longitud menor a 6.0 m. de tuberías cribadas que se encuentran en el mercado), además se plantea la cantidad  $N=4.0$  unidades de reactores funcionando en paralelo:

$$L = (A_s / N) / B$$

$$L = 25.60 \text{ m} \quad \text{Calculado}$$

$$L = 26.00\text{m} \quad \text{Asumido}$$

Volumen del reactor, asumiendo una remoción de la DBO en un  $E=90\%$ , puesto que es precedido por sedimentación se tiene que la concentración de la DBO es  $S_a=0.394 \text{ mg/L}$ , y una carga orgánica  $Q_o= 0.197 \text{ KgDBO/m}^3/\text{d}$ :

$$V = (Q_p * S_a) / Q_o$$

$$V = 1127.7 \text{ m}^3 \text{ (Volumen del reactor)}$$

Profundidad del reactor:

$$P = V / As$$

$$P = 2.00m \quad \text{calculada}$$

Área total de ventilación requerida, para un área unitaria de ventilación de  $A_{up}=1.00m^2$ :(por cada  $250m^2$  de superficie de lecho)

$$A_v = A_{up} / 250 * 2 \text{reactores} * L * B$$

$$A_v = 2.288 m^2$$

Número total de ductos de ventilación requerido asumiendo que cada ducto será rectangular de  $b=0.25m$ ,  $h=0.15m$ :

$$N_p = A_v / (b * h)$$

$$N_p = 52.0 \text{ und.}$$

Se tiene total de 13 ductos de ventilación por reactor.

**Por lo tanto**, se plantea la construcción de 04 filtros percoladores de 26.00 metros de largo, 5.50 metros de ancho y 2.00 metros de altura con 13 ductos de ventilación en cada reactor. En esta estructura se trata los organismos microbiológicos, parasitológicos y bacteriológicos encontrados en las pruebas de laboratorio, reducción de la DBO en un 90% además de la remoción de los coliformes fecales para cumplir los LMP y ECAs, ya que esta estructura es precedida y seguida de sedimentación.

Tabla 10. Cálculos del dimensionamiento del sedimentador secundario

Item	Datos	Unidad	Formula	Cálculo
1	Caudal promedio Qp = 563.9	m <sup>3</sup> /d	$As = Qp / Qi$	$As = 563.9 \text{ m}^2$
2	Carga hidraulica Qi = 1.00	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	Entre 1 y 4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	Area superficial total
3	Concentracion DBO ingreso So = 437.50 So = 0.438	mg/L KgDBO/m <sup>3</sup>	$Sa = E So / 100$	$Sa = 0.394 \text{ KgDBO/m}^3$ $Sa = 393.75 \text{ mg/L}$
4	Remoción de la DBO E = 90	%	$Se = So - Sa$ <b>por sedimentación</b>	$Se = 43.8 \text{ mg/L}$ Concentración de la DBO
5	Carga orgánica Qo = 0.197	KgDBO/m <sup>3</sup> .d	$V = (Q So) / Qo$ 0.08 a 0.4 Kg DBO/m <sup>3</sup> .d	$V = 1127.7 \text{ m}^3$ Volumen del reactor
6	Profundidad P = 2.00 Asumida	m	$P = V / As$	<b>P = 2.00</b> calculada Profundidad del reactor
<b>Para reactor rectangular</b>				
7	Longitud del reactor B = 5.50	m < a 6 m.	$L = As / B$ Largo de cada reactor	$L = 25.6$ Calculado m <b>L = 26.00</b> Asumido m
8	Nº de reactores N = 4	Und	$Qj = Qp / As$ Carga hidraulica verificada	$Qj = 1.3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ 1.0

FUENTE: Elaboración propia

## Sedimentador Secundario

Para el predimensionamiento de este componente de tratamiento se utilizó el carga hidráulica promedio  $Q_p = 563.86 \text{ m}^3/\text{d}$ , la carga superficial  $Q_s = 18 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ , (menor a  $48 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ , - OS 090) además se asume que la cantidad de sedimentadores que funciona al mismo tiempo  $N_s = 4.0 \text{ Und}$ :

Área superficial del sedimentador:

$$A_s = (Q_p / N_s) / Q_s$$

$$A_s = 7.66 \text{ m}^2. \text{ (Área superficial requerida)}$$

Largo del sedimentador, utilizando una relación  $L/B = 2.45$  (entre 2 y 10 -OS090):

$$L = (L / B * A_s)^{0.5}$$

$$L = 4.30 \text{ m}.$$

Ancho del sedimentador

$$B = L / (L/B)$$

$$B = 1.75 \text{ m} \quad \text{Calculado}$$

$$B = 1.75 \text{ m} \quad \text{Asumido}$$

Para el cálculo de la altura efectiva del sedimentador, se asume un tiempo de retención o depósito máximo  $P_r = 2.50$  horas que puede bajar hasta 1.5 horas además de la carga superficial  $Q_s = 18 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ :

$$P = Q_s P_r$$

$$P = (18 \text{ m}^3 / 24 \text{ h}) * 2.5 \text{ h}$$

$$P = 2.00 \text{ m}.$$

Por lo tanto, se tiene un total de cuatro cámaras de sedimentación con una profundidad efectiva de 2.00 metros.

Altura para el acumulador de lodo, teniendo una producción de  $V_l g = 0.065 \text{ m}^3/\text{d}$  de lodos, con un tiempo de limpieza programado  $T_m = 115 \text{ d}$ , y considerando el funcionamiento de  $N = 8$  tolvas al mismo tiempo se tienen:

Volumen de lodo seco

$$V_{ac} = V_l g * T_m$$

$$V_{ac} = 7.49 \text{ m}^3$$

Altura de la tolva de acumulación

$$h_l = (V_{ac}/N) / \text{prom}A$$

$$h_l = 1.50 \text{ m.}$$

**Por lo tanto**, se plantea la construcción de 04 cámaras de sedimentación de 4.30 metros de longitud efectiva por 1.75 metros de ancho interior y 2.00 metros de desnivel, además de la construcción de 08 tolvas de lodos de 1.50m \* 60° de inclinación en total. En esta estructura se remueve el 33% de DBO y 53% de SST en un periodo de retención de 2.5 horas, que pueda haber pasado el filtro percolador: SST 25.3 mg/L, DBO 29.3mg/L en la salida a la cámara de cloración.

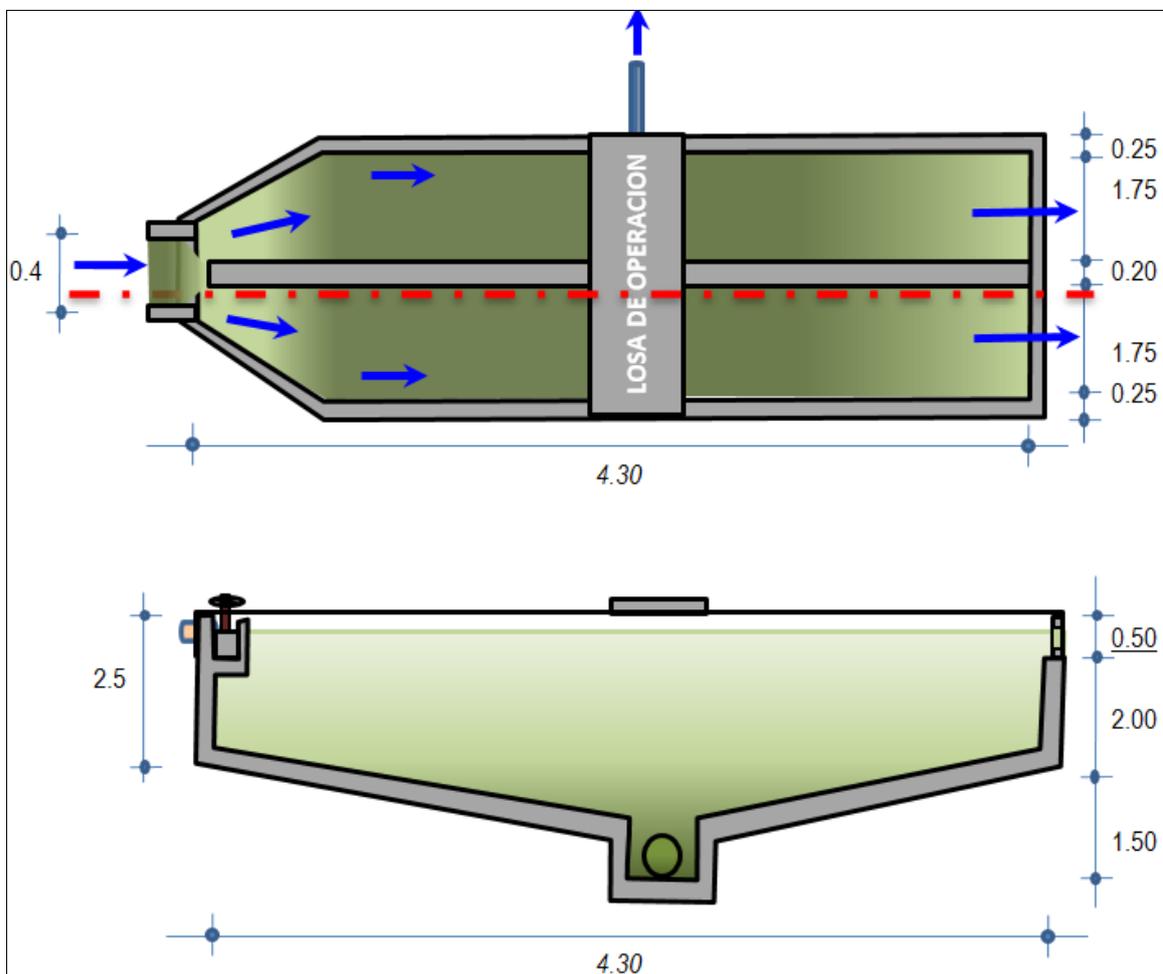


Figura 11. Idealización Geométrica del sedimentador secundario.

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.2.5. Nivel de Tratamiento terciario**

##### **Estación de Cloración**

Esta estructura se diseñó con la carga hidráulica promedio  $Q_p = 6.53 \text{ L/s}$ , y un periodo de contacto o mezcla efectiva entre el agua tratada y el cloro de  $T_c = 30 \text{ min}$ , obteniéndose:

Volumen de tanque de contacto:

$$V_{tc} = T_c \cdot Q$$

$$V_{tc} = 11.75 \text{ m}^3$$

Área de tanque de contacto, teniendo en cuenta un tirante de agua de  $y = 1.10 \text{ m}$ :

$$A_{tc} = V_{tc} / y$$

$$A_{tc} = 10.68 \text{ m}^2$$

Longitud del Canal de contacto, teniendo en cuenta que la base del canal es  $b = 0.40 \text{ m}$ :

$$L_{cc} = A_{tc} / b$$

$$L_{cc} = 26.7 \text{ m}$$

**Por lo tanto**, La estructura tendrá una longitud total de 26.70 metros por un ancho de 0.40 metros de cloración efectiva con un tirante de agua de 1.10 metros, la una profundidad total de 1.50 metros incluyendo el borde libre, para lograr una oxidación óptima antes de la descarga al efluente final.

##### **Lecho de secado de lodos**

El lecho de secado de lodos está diseñado para almacenar, drenar y secar los lodos digeridos por el tanque Imhoff y sedimentador secundario:

Lodos digeridos del Tanque Imhoff y Sedimentador secundario;

$$L_p = 634.3 \text{ Kg/d} \quad (172.78 \text{ y } 7.49) = 180.27 \text{ m}^3$$

Cantidad de lodos generado

$$Vlg = 180.27 \text{ m}^3$$

Producción de lodos, asumiendo una concentración de sólidos  $C_s=9.0\%$  según la OS. 090 y una densidad de lodos  $\gamma_s=1030 \text{ Kg/m}^3$ , se tiene:

$$VI = Vlg / C_s \gamma_s$$

$$VI = 1.94 \text{ m}^3/\text{d}$$

Volumen del lecho de secado, asumiendo un tiempo de secado mínimo  $T_s=49$  días según la OS. 090, se obtiene:

$$Vls = VI T_s$$

$$Vls = 95.29 \text{ m}^3.$$

Área del lecho de secado de lodo, con  $h=0.30\text{m}$  según la OS. 090:

$$Als = Vls / H$$

$$Als = 312.4 \text{ m}^2$$

Se plantea la construcción de 04 lechos de secado en paralelo, por lo tanto, el área efectiva de secado de cada lecho será  $Als= 78.1 \text{ m}^2$

Largo del lecho de secado, considerando una relación  $K= 3.1872$ ;

$$L = (Als K)^{0.5}$$

$$L = 15.80 \text{ m}$$

Ancho del lecho de secado:

$$B = Als / L$$

$$B = 4.90 \text{ m}.$$

**Por lo tanto**, se plantea la construcción de 04 lechos de secado en paralelo con un largo de 15.80 metros por 4.90 metros de ancho, con una profundidad de 1.00 metro asumiendo que la altura de lodo contenido tiene una altura de 0.30 metros sobre 0.13m de ladrillo asentado sobre, 0.17m de filtro fino, 0.20m de filtro grueso y 0.20m. de borde libre.

## V. DISCUSIÓN

La propuesta de nuestro objetivo principal en el presente trabajo de investigación es proponer un diseño de planta de tratamiento para mitigar y tratar las aguas residuales que generan contaminación en el lago Titicaca y la ciudad de Juli – provincia de Chucuito, en primer lugar, se analizó la población de estudio el cual representa la cantidad de 8,314 habitantes viviendas censadas 3,949 y la densidad poblacional que corresponde a 2.11 hab/vivienda datos obtenidos del INEI 2017.

La ciudad de Juli cuenta con sistema de alcantarillado en funcionamiento en la cual se hizo el estudio de caracterización de aguas residuales con la finalidad de investigar la concentración de la carga orgánica de concentración per cápita de DBO, DQO, coliformes, solidos totales, etc que transporta las aguas residuales, para ello se hizo campañas de recojo de muestras para el análisis de laboratorio acreditado por INACAL, en la siguiente tabla analizamos y comparamos los resultados con los LMP (D.S. N° 003-210 MINAM):

Tipo de Muestra				Agua Residual Municipal	D.S. N° 003-2010-MINAM
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	Salida de aguas residuales laguna de oxidación (PTAR 01)	LMP para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	6,2	20
Coliformes Fecales	8825	NMP/100mL	1,8	25,000	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1828	mg/L	2	< 2	100
Demanda Química de Oxígeno	8803	mg O <sub>2</sub> /L	2	15	200
pH *		Unidad de pH		7.2	6,5-8,5
Sólidos Totales Suspendidos	1843	mg/L	2	20	150
T *		°C		5	<35

Observamos que los aceites y grasas, DBO, DQO, pH, solidos suspendidos totales y temperatura se encuentran dentro de los parámetros que exige la normativa, pero los coliformes fecales observamos que los valores son elevados y debemos reducir.

Para el tratamiento **preliminar** el diseño según los cálculos consta de un canal de rejas de base  $b=0.40m$ , con una pendiente de  $0.03\%$ , altura de ingreso de  $0.50m$ . y una altura de salida de  $0.60m$ . además se tendrá que instalar una rejilla de acero inoxidable con espaciamiento entre barras rectangulares de  $e= 25 mm$ . coeficiente de forma  $Cf=2.42$  y con un Angulo de inclinación de  $60^\circ$  según el RNE. (Arocutipa Lorenzo, 2013), en su trabajo de tesis recomienda realizar un mantenimiento periódico y constante de la cámara de rejas y desarenador.

Para el diseño del **desarenador** se desprende que el largo efectivo del desarenador es de 4.00 metros con una base de 0.60 metros por 0.70 metros de alto de canal y con 01 metro de transición y salida, además de vertederos sutro antes de la descarga para evitar turbulencias en caso de cambios bruscos de caudal, para este caso se plantea la construcción de dos baterías desarenadoras para que durante el mantenimiento el proceso de se detenga.

El dimensionamiento de la estructura **tanque Imhoff** en el Nivel de tratamiento primario se debe tener en consideración la profundidad efectiva de 4.90 metros, con muros exteriores e intermedios de 0.20 metros de espesor de concreto armado  $f'c=280Kg/cm^2$  por contener líquidos, el diseño contempla el funcionamiento en paralelo de **cuatro tanques**, garantizando su eficiencia en el tratamiento, obteniendo un resultado a la salida de SST(20 a 10)mg/L, DBO (2a1.4)mg/L, DQO(153 a 107)mgO<sub>2</sub>/L.

(CEDRÓN Medina, y otros, 2017), en su trabajo de tesis titulada “Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución” concluye que el sistema de lodos activados, es la mejor opción para el proceso de tratamiento en el distrito de Moche, pero desde el punto de vista económico consideramos que no es factible por la utilización de energía eléctrica y para este tratamiento biológico nosotros planteamos la construcción de **04 filtros percoladores** con dimensiones de 26.00 metros de largo, 5.50 metros de ancho y 2.00 metros de altura con 13 ductos de ventilación en cada reactor. En esta estructura se trata los organismos microbiológicos, parasitológicos y bacteriológicos encontrados en las pruebas de laboratorio, reducción de la DBO en un 90% además de la remoción de los

coliformes fecales para cumplir los LMP y ECAs, ya que esta estructura es precedida y seguida de sedimentación.

Según los cálculos realizados se plantea 04 **cámaras de sedimentación** de 4.30 metros de longitud efectiva por 1.75 metros de ancho interior y 2.00 metros de desnivel, además de la construcción de 08 tolvas de lodos de 1.50m \* 60° de inclinación en total. En esta estructura se remueve el 33% de DBO y 53% de SST en un periodo de retención de 2.5 horas, que pueda haber pasado el filtro percolador: SST 25.3 mg/L, DBO 29.3mg/L en la salida a la cámara de cloración.

Para la **estación de cloración** de acuerdo a los cálculos obtenidos la estructura tendrá una longitud total de 26.70 metros por un ancho de 0.40 metros de cloración efectiva con un tirante de agua de 1.10 metros, la una profundidad total de 1.50 metros incluyendo el borde libre, para lograr una oxidación optima antes de la descarga al efluente final.

De acuerdo a los cálculos realizados se plantea la construcción de 04 **lechos de secado** en paralelo con un largo de 15.80 metros por 4.90 metros de ancho, con una profundidad de 1.00 metro asumiendo que la altura de lodo contenido tiene una altura de 0.30 metros sobre 0.13m de ladrillo asentado sobre, 0.17m de filtro fino, 0.20m de filtro grueso y 0.20m. de borde libre.

## VI. CONCLUSIONES

A partir de los resultados del estudio de calidad de agua se encontró que los parámetros de Aceites y grasas, D-B-O5, D-Q-O, pH, S-S-Totales, Nitratos (N03--N), Nitritos (N02- -N) y la Temperatura se encuentran por debajo de los L-M-P y E-C-As indicados en el D-S. N° 003-2010-MINAM y D-S. N° 004-2017-MINAM, y que los parámetro de Coliformes Fecales (NMP/100mL), la D-Q-O, Escherichia coli, superan los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental, estos resultados son un indicador de la contaminación del lago Titicaca y ciudad de Juli, por lo que se propone una planta de tratamiento de tipo combinada con tres Niveles de tratamiento, un tratamiento primario con tanque Imhoff que reducirá el 50% de SST, y un 30% de la DBO/DQO, luego un tratamiento secundario con filtro percolador y sedimentador secundario que reducirá el resto de la DBO y Coliformes totales hasta en un 90%, por ultimo un tratamiento terciario con cámara de cloración para darle al agua tratada la calidad necesaria para cumplir los LMP y ECAs tener un diseño óptimo.

El diseño de planta de tratamiento de aguas residuales propuesto es de tipo combinado (Aerobio y Anaerobio) con un tratamiento primario de tanque Imhoff de 4.30 metros de largo por 4.20 metros de ancho por 4.90 metros de profundidad, el tratamiento secundario con filtros percoladores de 26.00 metros de largo por 5.50 metros de ancho por 2.00 metros de alto y un sedimentador secundario de 4.30 metros de largo por 1.75 metros de ancho por 2.00 metros de profundidad, y el tratamiento terciario con una cámara de cloración de 26.70 metros de Largo por 0.40 metros de ancho por 1.10 metros de profundidad, todas estas estructuras están diseñadas en pares para garantizar su eficiencia de entre (80 a 90)% y su funcionamiento durante el mantenimiento y/o falla, con un tratamiento de SST hasta 25.3 mg/L, DBO hasta 29.3 mg/L y reducción de coliformes totales hasta un 90% en la salida, en consecuencia dentro de los LMP y ECAs, lo que indica que el diseño hidráulico de planta de tratamiento es óptimo para la zona bioclimática del distrito de Juli.

## VII. RECOMENDACIONES

Para el planteo de un diseño de Planta de tratamiento de agua residual domestica es indispensable realizar una evaluación física del terreno superficial, clima, agua residual y población acorde con la realidad de la zona y en compatibilidad con las nuevas tecnologías y normas vigentes, para evitar colapsos y vertimientos nocivos al medio ambiente, por lo que se recomienda el sinceramiento de los datos con las bases de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

En cuanto a la parametrización de las características del agua residual en un punto específico de monitoreo, se recomienda cumplir a cabalidad los protocolos de muestreo para evitar la recolección errónea de información que podría desviar las bases de diseño hidráulico y no refleje la realidad a solucionar.

Las características negativas del agua monitoreada en el punto de muestreo PTAR01 determinaron que el sistema actual no es funcional y colapsado por lo que se recomienda la implementación de la tecnología de tratamiento con tanque Imhoff, filtro percolador y estructura sedimentadora para mejorar el tratamiento y evitar la generación de pasivos ambientales.

## REFERENCIAS

- Arden, S., & Ma, X. (2018). Constructed wetlands for greywater recycle and reuse: A review. *Science of The Total Environment*, 630, 587-599. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.218>
- Arocutica Lorenzo, J. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandía*. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Puno: UNAP.
- Arroyo, J., & Bermudez, P. (2015). Estudio de modelo matemático para la evaluación de la calidad del efluente de las aguas residuales de la UNCP. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Builes, S. (2010). Tratamiento y adecuada disposición de lodos domésticos e industriales. (*Monografía*). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Cerezo, J. (2011). Estación depuradora de aguas residuales. (*tesis de grado*). Universidad politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Chengyuan, S., Qiujin, D., Yuxiang, L., Ronghua, Q., Shenlong, C., Jingwei, W., . . . Zhi, H. (2019). Effects of hydraulic retention time on the performance and microbial community of an anaerobic baffled reactor-bioelectricity Fenton coupling reactor for treatment of traditional Chinese medicine wastewater. *Bioresource Technology*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121508>
- Cuatis, L. (2018). Prpuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual (ptar) por lodos activados en el municipio de Soata Boyacá. (*Tesis de pregrado*). Universidad Católica de Colombia, Boyacá.
- Fondo Nacional del Ambiente, F.-P. (2010). *Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú*.
- Gamez, B. (2019). Alternativas de optimización técnico – económicas del Tratamiento preliminar y biológico (tanque imhoff y Humedal de flujo subsuperficial) para la PTAR de Sotaquirá – Boyacá. (tesis de grado). Universidad de La Salle. Bogotá D.C. (*Tesis de grado*). Universidad de la Salle, Bogota.

- Guaquipana, E. (2016). Diseño de un sistema de depuración de aguas residuales con metodología ambientalista para el sector de Guanujo, Alpachaca, Primero de Mayo y Negro Yacu del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Tecnica de Ambato, Ambato.
- Lopez , R., & Herrera, K. (2016). Planta de Tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, Provincia de Trujillo. La libertad. (*tesis de grado*). Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, trujillo.
- Macloni, D. (2014). *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. (tesis de grado)*. Universidad Rafael Landívar. Guatemala de la Asunción. Guatemala. Universidad Rafael Landivar, Guatemala de Asunción.
- Metcalf, & Eddy. (2004). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Ney York: McGraw-Hill.
- Mondragon, G., & Sanchez, C. (2017). Análisis de la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales en el continuo urbano de Trujillo - Perú. (*Tesis de grado*). Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo.
- OS.100, R.-N. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. *Consideraciones Basicas de diseño de Infraestructura Sanitaria*. Perú.
- Palacios, F. (1991). *Proyecto Ecológico e hidráulico de Tratamiento de Aguas Residuales*. Lima.
- Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté.
- Rigola, m. (1990). *Tratamiento de aguas residuales: Aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Marcombo.
- RNE. (2006). *OS.070 REDES DE AGUAS RESIDUALES*. Lima: El Peruano. Obtenido de <http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- Rolim, M. (2000). *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Bogota: Mc GRAW-HILL.

- Rudy, A., Ryan, W., & Tzahi, Y. (2020). Enhancement of activated sludge wastewater treatment with hydraulic selection. *Separation and Purification Technology*, 250. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117214>
- Salazar, C. (2004). *Guía para el manejo de excretas*. Miami: USAID.
- SENCICO-RNE-OS.070. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. *Redes de aguas Residuales*. Perú.
- SENCICO-RNE-OS.090. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Perú.
- Song, P., Huang, G., Hong, Y., An, C., Xin, X., & Zhang, P. (2020). A biophysiological perspective on enhanced nitrate removal from decentralized domestic sewage using gravitational-flow multi-soil-layering systems. *Chemosphere*, 240. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124868>
- Suaña Paucar, W. (2018). *propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales para el centro poblado de alto puno con evacuacion hacia la zona de Huerta Huaraya*. Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez, Puno. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/396463597/tesispresentacionprelimilar/T86412>
- TCHOBANOGLIOUS, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid: Mc GRAW-HILL.
- Wu, H., Gao, X., Zhu, Y., & Ye, S. (2020). The efficiency and risk to groundwater of constructed wetland system for domestic sewage treatment - A case study in Xiantao, China. *Journal of Cleaner Production*, 277. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123384>

# ANEXOS

## ANEXO 1

### ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIONES

TESIS: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI

#### TESIS

PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI

(PTAR)

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIONES  
(PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES)

#### 1.1. Introducción

El presente trabajo es realizar el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de cimentaciones, a fin de construir estructuras con cimentaciones apropiadas que refleje a la realidad del sitio, para que las cimentaciones diseñadas puedan ser adecuadas y dar seguridad a la obra en proyecto.

El estudio fue realizado por medio de trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir el perfil estratigráfico del área en estudio, así como sus propiedades de esfuerzo y deformaciones, proporcionando las recomendaciones para el mejoramiento del proyecto proyectado.

Así mismo proporciona técnica de investigación en campo y los ensayos realizados en Laboratorio de Mecánica de Suelos.

El presente estudio realizado con fines del planteamiento de cimentación se encuentra ubicado en la localidad de Juli, distrito de Juli el proyecto de tesis denominado: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIONES



Moses Arico Chio  
INGENIERO CIVIL  
CIP 90805

## 1.2. Objetivos

El objetivo es identificar el tipo de suelos, litología de los estratos que se presentan hacia la profundidad del terreno de fundación, determinando el perfil estratigráfico.

Determinar las características físicas y mecánicas del suelo subyacente al área en estudio a fin de establecer las condiciones de estabilidad de la estructura proyectada.

El objetivo del presente trabajo es identificar la profundidad de cimentación, el tipo de cimentación, en un suelo estable con resistencia adecuada.

Elaboración un estudio geotécnico superficial de la zona, que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.

Realización de los ensayos estándares de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos especiales, Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.

Elaboración de las recomendaciones técnicas para el diseño de la estructura proyectada.

## 1.3. Normatividad

El presente estudio está basado a la Norma Técnica E-050 (Suelos y Cimentaciones), que está dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones comprende todo el territorio Nacional

## 1.4. Ubicación

Está ubicado en la localidad de Juli distrito de Juli, provincia Chucuito, de la región Puno.

## 2. INVESTIGACION EN CAMPO Y LABORATORIO

### 3.01. Exploración en Campo

Teniendo en cuenta las características del proyecto se procedió elaborar un programa de investigación geotécnica, el cual consistió en prospección geotécnica, excavación de 01 calicata en área donde sera ubicada la planta de tratamiento.

En los cuales se ha evaluado hasta 1.50 metros de profundidad, hacia la profundidad las características litológicas mejoran (roca fracturada) las excavaciones realizadas fueron a cielo abierto.



Las características del sub suelo superficialmente están conformados de gravas, arenas, limos y arcillosa a partir de 1.00 metros es parte de roca fracturada, el suelo de fundación es buena no existen zonas de riesgo que pudiera afectar en el proceso constructivo y lo posterior

Las evaluaciones realizadas Insitu es examinar directamente los estratos encontrados y luego descripción el perfil estratigráfico.

Las investigaciones en el campo se han efectuado siguiendo la Norma E-050 de suelos y cimentaciones, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 3.02. TIPOS DE MUESTRAS A EXTRAER

Se considera dos tipos de muestras que se indican en la Tabla N° 2.2.4, en función de las exigencias que deberán atenderse en cada caso, respecto del terreno que representan.

#### **Muestras inalterada en bloque (Mib)**

NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos.

Las muestras han sido extraídas inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).

#### **Muestras alteradas (Mab)**

Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab) NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos.

Las características de las muestras tomadas para los ensayos es inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo. se tomó muestras alteradas.

### 3.03. Ensayos de laboratorio

Determinación del contenido de humedad  
Análisis Granulométrico por tamizado  
Determinación del límite Líquido  
Determinación del límite Plástico  
Clasificación de SUCS  
Clasificación AASHTO  
Corete Directo

MTC E 108 (ASTM-D-2216)  
MTC E 107 (ASTM-D-422)  
MTC E 110 (ASTM-D-423)  
MTC E 111 (ASTM-D-424)  
ASTM-D-2487  
ASTM D-3282  
ASTM D3080 – 98



### 3.04. Perfil Estratigráfico

La descripción del perfil estratigráfico encontrados en la excavación de calicata en campo, fueron de acuerdo a las recomendaciones del especialista y una previa evaluación geotécnica Insitu A continuación se detalla el perfil estratigráfico.

#### Calicata N°01 (En la ubicación de estructuras)

**0.00 - 0.20m.** Superficialmente está conformado de material arena limosa con intercalaciones de raíces de los arbustos

**0.20 - 1.70m.** Tipo de estrato arena pobremente graduada color gris plomizo en estado semi compacto, hacia la profundidad continua la litología del terreno.

Prof. (m)	GRAFICA	N° DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		MO	Pt	superficialmente está cubierto de material limoso con intercalaciones de los raíces de los arbustos
0.20				
0.30		M-01	SP	tipo de estrato arena pobremente graduada en estado semi compacto, hacia la profundidad continua la litología del subsuelo
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				

### 3.05. Clasificación y Caracterización del Suelo

De acuerdo a los ensayos estándares de laboratorio, las muestras obtenidas del campo de diferentes estratos fueron clasificados según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos a continuación se detalla.

#### **Calicata N° 01 Planta de Tratamiento**

##### **Muestra N° 01**

- Humedad natural : 7.66 %
- Pasante malla 200. : 2.95 %
- Limite líquido : 18.97 %
- Limite plástico : NP
- Índice plástico : NP
- Clasificación de suelos



- o SUCS : SP
- o AASHTO : A-1-b(0)

#### 4. PROFUNDIDAD DE CIMENTACION

Las condiciones de estabilidad de diseño de la cimentación están dadas por el cálculo de la capacidad de carga, de acuerdo a los parámetros de comportamiento dinámico de los estratos predominantes. Debido a las condiciones de las estructuras y al tipo de suelos encontrados en la excavación en campo.

- Profundidad de cimentación se podrán considerar a partir de 1.20 metros

##### 4.03. Calculo de Capacidad Portante

Extraídas las muestras alteradas, se procedió a realizar los ensayos de laboratorio que nos permita obtener la resistencia portante del suelo, estas pruebas de resistencia en laboratorio miden la resistencia del suelo a fin de calcular su capacidad de carga, la resistencia a los empujes laterales de la propia tierra.

Para la determinación de la capacidad de carga del suelo, debajo de las zapatas de cimentación en construcción se calcula en base a las características litológicas, los cuales fueron determinados mediante trabajos de campo y laboratorio.

##### Por falla General

Por experiencia y observaciones relativas al comportamiento de las cimentaciones concluyó que la FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA ocurre como producto de una ruptura por corte del suelo de desplante de la cimentación.

Se caracteriza por la presencia de una superficie de deslizamiento continuo dentro del terreno que se inicia en el borde de la cimentación y que avanza hasta la superficie del terreno.

Este tipo de falla es súbita y catastrófica con inclinación de la zapatas provocando el hinchamiento del suelo adyacente a la cimentación, ocurre típicamente en materiales arenosos compactos o arcillosos duros.

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B'N_\gamma \text{ cimentación cuadrada}$$

C= cohesión del suelos

$\gamma$  = peso específico del suelo

$q = \gamma D_f$

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo  $\phi$  de fricción del suelos



$$Nc = \cot\theta \left[ \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\theta}{2}\right)\tan\theta}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right)} - 1 \right] = \cot\theta(Nq - 1)$$

$$Nq = \left[ \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\theta}{2}\right)\tan\theta}}{2\cos^2\left(45 + \frac{\theta}{2}\right)} \right]$$

$$Ny = \frac{1}{2} \left( \frac{Kp\gamma}{\cos 2\theta} - 1 \right) \tan\theta$$

Falla General		
Ancho	Profund.	Qadm
"B"	"D"	kg/cm2
1.00	1.20	1.03
1.00	1.30	1.09
1.00	1.40	1.15
1.00	1.50	1.21
1.00	1.60	1.28
1.00	1.70	1.34
1.00	1.80	1.40

#### Calicata N° 01 Planta de Tratamiento

- Profundidad de cimentación Df. : 1.20 metros
- Clasificación de SUCS : SP
- Qadm : 0.98 kg/cm2



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los depósitos aluviales que conforman en la parte superficial y la morfología del terreno se puede decir que la zona es relativamente estable, en el área de estudio no se ha apreciado los riesgos geotécnicos que pudiera afectar en el proceso constructivo y lo posterior.

La resistencia del suelo o la capacidad portante se ha determinado a partir de los datos de ensayo de corte Directo

Considerando La capacidad admisible del suelo de fundación es,  $Q_{adm} = 0.98 \text{ kg/cm}^2$ , factor de seguridad 3 y profundidad de cimentaciones se podrán considerarse -1.20 metros.

Falla General		
Ancho "B"	Profund. "Df"	Qadm kg/cm <sup>2</sup>
1.00	1.20	1.03
1.00	1.30	1.09
1.00	1.40	1.15
1.00	1.50	1.21
1.00	1.60	1.28
1.00	1.70	1.34
1.00	1.80	1.40

Propuesta de cimentación es Df= -1.20 metros y un solado de 0.10 a 0.20 metros de espesor, el solado se considera con la finalidad de nivelar la superficie excavada

Los resultados obtenidos en el presente estudio así como las conclusiones y recomendaciones establecidas solo son válidos para el área de influencia de la calicata investigada y no garantiza a otros proyectos que lo toman como referencia.



**ANEXOS**

  
*Moises Arana Chirre*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 98885

**CALICATA N° 01**  
**PLANTA DE TRATAMIENTO**

  
*Moises Arica Chila*  
INGENIERO CIVIL  
CIF 36685

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : TESIS: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI  
UBICACIÓN : DISTRITO JULI - PROVINCIA CHUQUIBITO - REGION PUNO  
SOLICITANTE : ING. PROYECTISTA  
MUESTRA : TERRENO FUNDACION C-1 PLANTA DE TRATAMIENTO  
FECHA : 05/03/2020  
ING. RESPONSABLE : M.A. CH

Prof. (m)	GRAFICA	N° DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		MO	Pt	superficie en esta cubierta de material fino con intercalaciones de los abedules de abustos
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80			M-01	SP
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				
3.80				
3.90				
4.00				
4.10				
4.20				
4.30				
4.40				
4.50				
4.60				
4.70				
4.80				
4.90				
5.00				
5.10				



Mónica Araya Chile  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96885

## HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO** : Tesis P R o p u e s t a de Diseño de PLANTA de TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES en EL DISTRITO DE JULI

**UBICACIÓN** : DISTRITO JULI - PROVINCIA CHUCUITO - REGION PUNO

**SOLICITANTE** : ING. PROYECTISTA

**MUESTRA** : TERENO DE FUNDACION C-1

**CALICATA** : C-01

**FECHA** : 05/03/2020

**PROFUNDIDA** : 0.00 - 1.00 metros

**NIVEL FREATICO** : NE

**ING. RESPONSABLE** : M.A. CH

Descripción	M-1			
N° de Tara	00			
Peso suelo húmedo + Tara	756.30			
Peso del suelo seco + Tara	702.50			
Peso del agua	53.80			+
Peso de la Tara	0.00			
Peso del suelo seco	702.50			
% de humedad	7.66			
*****	*****	*****	*****	*****



*Moises Araya Chile*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96695

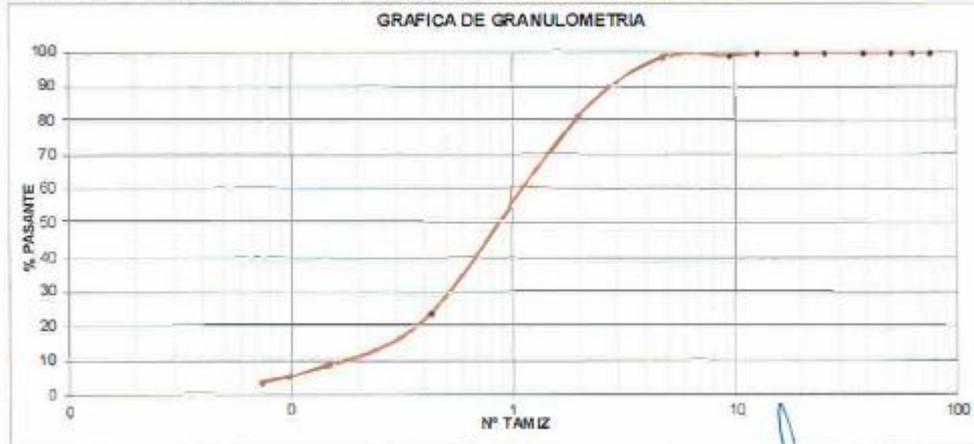
**4 ANALISIS GRANULOMETRICO**

8

**PROYECTO** : TESIS PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI  
**UBICACIÓN** : DISTRITO JULI - PROVINCIA CHUCUITO - REGION PUNO  
**SOLICITANTE** : ING. PROYECTISTA  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION PLANTA  
**FECHA** : 05/03/2020

**PROFUNDIDAD(m.)** : 0.00 - 1.70 m.  
**NIVEL FREATICO** : NP  
**ING. RESPONSABLE** : M.A.C.H

N° DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	NORMA : ASTM D422
3"	76.200			0.00	100.00		Peso Inicial : 1,203.60 Gr.
2 1/2"	63.500		0.000	0.00	100.00		Limite Liquido : 18.97%
2"	50.800	0.00	0.000	0.00	100.00		Limite Plastico : NP
1 1/2"	38.100	0.00	0.000	0.00	100.00		Indice Plastico : -
1"	25.400	0.00	0.000	0.00	100.00		
3/4"	19.050	0.00	0.000	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.000	0.00	100.00		<b>CLASIFICACION</b>
3/8"	9.525	8.60	0.715	0.71	99.29		AASHTO : A-1-b (0)
1/4"	6.350		0.000	0.71	99.29		SUCS : SP
N° 4	4.760	10.20	0.847	1.56	98.44		Hum. Natural :
N° 6	3.360		0.000	1.56	98.44		
N° 8	2.380		0.000	1.56	98.44		
N° 10	2.000	210.60	17.496	19.06	80.94		
N° 16	1.190		0.000	19.06	80.94		
N° 20	0.840	284.60	23.646	42.71	57.29		<b>CLASIFICACION</b> :
N° 30	0.590		0.000	42.71	57.29		
N° 40	0.426	400.50	33.275	75.98	24.02		
N° 50	0.297		0.000	75.98	24.02		Observaciones :
N° 80	0.177		0.000	75.98	24.02		
N° 100	0.149	185.60	15.420	91.40	8.60		
N° 200	0.074	68.00	5.650	97.05	2.95		
-200		35.50	2.949	100.00	-		



Moises Araya Chile  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96565

## ENSAYOS DE CONSTANTES FISICAS

**PROYECTO** : TESIS: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI

**UBICACIÓN** : DISTRITO JULI - PROVINCIA CHUCUITO - REGION PUNO

**SOLICITANTE** : ING. PROYECTISTA

**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION C-1

**FECHA** : 05/03/2020

**PROFUNDIDA(m.)** : 0.00 - 1.70 m.

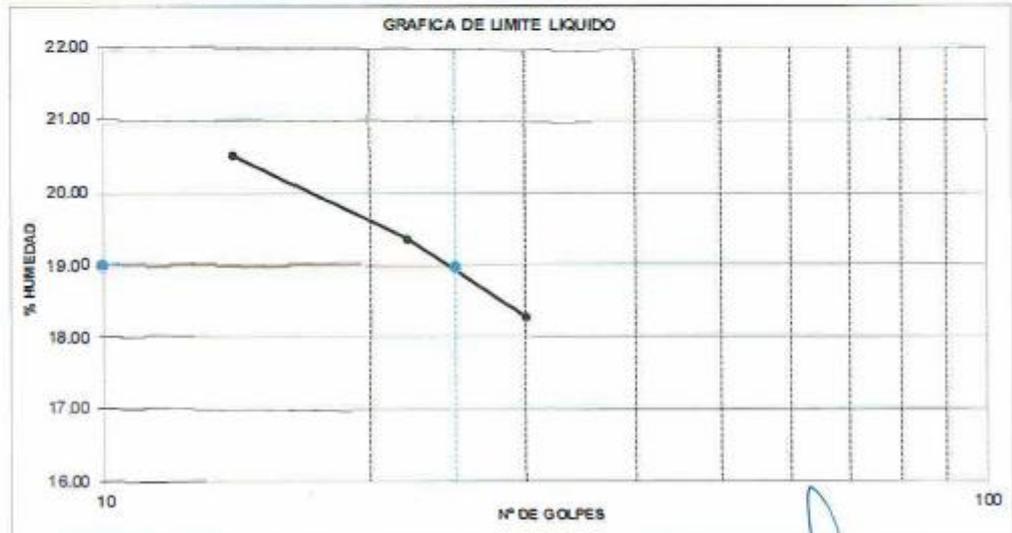
**NIVEL FREÁTICO** : NP

**ING. RESPONSABLE** : M.A.CH

LIMITE LIQUIDO				
Nro. De Tara		01	02	03
T. + Suelo Húmedo	Gr.	32.56	31.89	33.84
T. + Suelo Seco	Gr.	29.25	28.52	29.98
Agua	Gr.	3.31	3.37	3.86
Peso del Tara	Gr.	11.15	11.12	11.18
Suelo Seco	Gr.	18.10	17.40	18.80
% de Humedad		18.29	19.37	20.53
Nro. De Golpes		30	22	14

LIMITE PLASTICO				
Nro. De Tara				
T. + Suelo Húmedo	Gr.			
T. + Suelo Seco	Gr.			
Agua	Gr.	NP	NP	
Peso del Tara	Gr.			
Suelo Seco	Gr.			
% de Humedad				

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO		
LL. = 18.97 %	NP	I.P. = 0.00 %



Mónica Arceca Chile  
INGENIERO CIVIL  
CIP 90685

**ENSAYOS ESPECIALES  
CORTE DIRCTO**



*Moises Amca Chile*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96885

---

TESIS: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS  
RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(NORMA ASTM D3080 - 98)**

PROYECTO	: YESIS, PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI		
UBICACIÓN	: DISTRITO JULI - PROVINCIA CHUCUYO - REGION PUNO		
SOLICITANTE	: ING. PROYECTISTA		
MUESTRA	: C-1 M-1		
FECHA	: 05/01/2020	USIC. MUESTRA	: C-1 M01

Profundidad de la muestra(m) : 0.20-1.70  
 Clasificación (SUCS) : SP  
 Estado de la muestra de suelo : MUESTRA REMOLDEADA  
 Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.5

Datos	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 02	ESPECIMEN 03
Altura (h) (cm)	2.20	2.20	2.20
Diámetro (B) (cm)	5.00	5.00	5.00
Volumen (cm <sup>3</sup> )	43.20	43.20	43.20
peso (gr)	88.10	88.60	87.90
peso específico de la masa (gr/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.05	2.03
Humedad (w) (%)	7.82	7.69	7.78
peso específico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.89	1.90	1.89

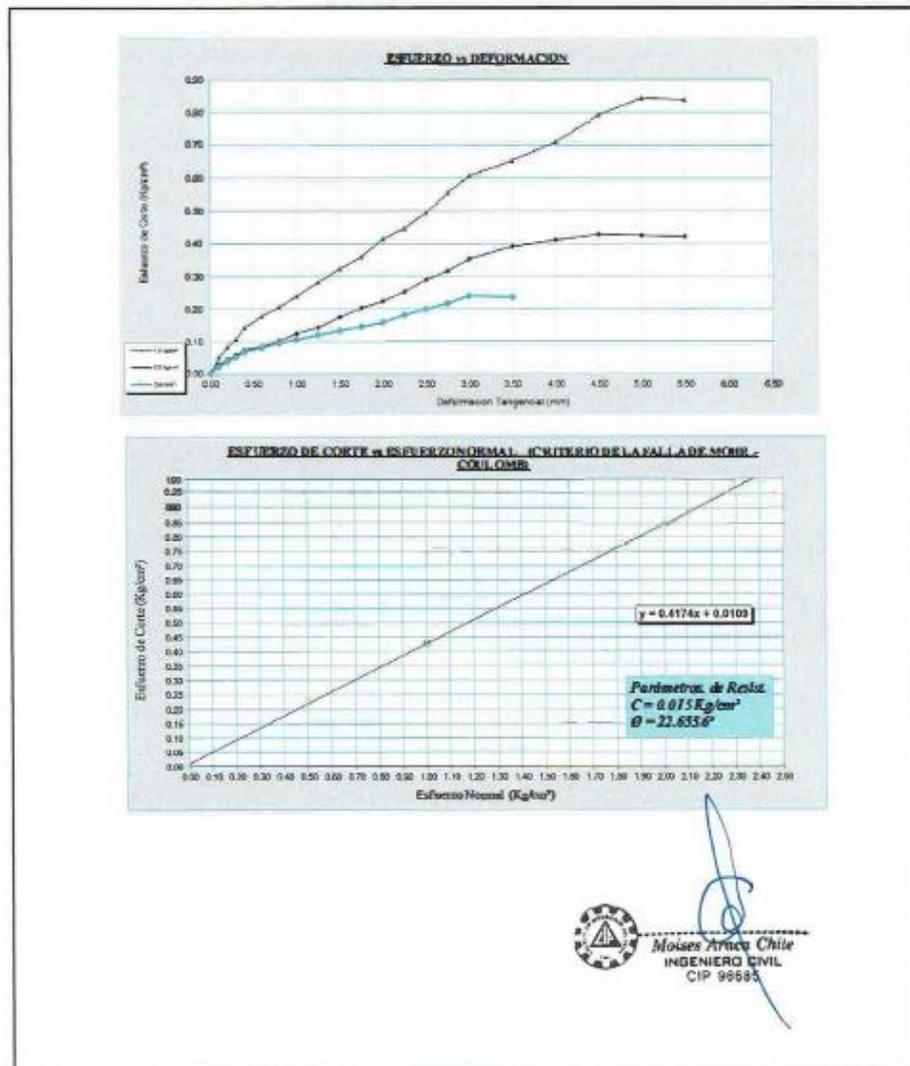
Estudio Normal kg/cm <sup>2</sup> 0.50				Estudio Normal kg/cm <sup>2</sup> 1.00				Estudio Normal kg/cm <sup>2</sup> 2.00			
Defl. Tangencial (mm)	Dist. de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Defl. Tangencial (mm)	Dist. de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Defl. Tangencial (mm)	Dist. de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	3.00	0.421	0.021	0.10	4.10	0.575	0.029	0.10	7.20	1.000	0.051
0.20	5.20	0.729	0.037	0.20	6.20	0.869	0.044	0.20	11.60	1.626	0.083
0.30	7.20	1.009	0.051	0.30	8.2.0	1.190	0.059	0.30	15.20	2.131	0.109
0.40	9.80	1.366	0.060	0.40	10.50	1.472	0.075	0.40	20.10	2.818	0.144
0.60	11.40	1.598	0.081	0.60	12.00	1.682	0.086	0.60	24.90	3.491	0.178
0.80	13.40	1.879	0.096	0.80	14.50	2.033	0.104	0.80	28.90	4.052	0.206
1.00	15.00	2.103	0.107	1.00	17.30	2.454	0.125	1.00	33.50	4.697	0.239
1.25	16.90	2.369	0.121	1.25	20.10	2.818	0.144	1.25	38.90	5.563	0.283
1.50	18.70	2.622	0.134	1.50	24.50	3.435	0.175	1.50	44.50	6.364	0.324
1.75	20.40	2.890	0.146	1.75	28.40	3.982	0.200	1.75	49.60	7.093	0.361
2.00	22.30	3.126	0.159	2.00	31.40	4.402	0.234	2.00	56.90	8.137	0.414
2.25	25.40	3.561	0.181	2.25	35.60	4.991	0.258	2.25	61.40	8.780	0.447
2.50	27.90	3.912	0.199	2.50	39.80	5.601	0.290	2.50	67.80	9.695	0.494
2.75	30.40	4.262	0.217	2.75	48.30	6.221	0.317	2.75	75.40	10.845	0.555
3.00	33.60	4.711	0.240	3.00	48.00	6.950	0.354	3.00	82.60	11.936	0.608
3.50	33.10	4.641	0.236	3.50	53.80	7.693	0.392	3.50	88.90	12.846	0.654
				4.00	56.40	8.065	0.411	4.00	96.50	13.944	0.710
				4.50	58.80	8.408	0.428	4.50	107.80	15.577	0.793
				5.00	58.30	8.337	0.425	5.00	114.90	16.605	0.846
				5.50	57.80	8.265	0.421	5.50	114.20	16.502	0.840



Moises Arica Chale  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96825

PROYECTO : TESIS: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE JULI

UBICACIÓN : DISTRITO JULI - PROVINCIA CHUCUITO - REGION PUNO  
SOLICITANTE : ING. PROYECTISTA  
MUESTRA : C-01 M-01  
FECHA : 06/03/2020



## ANEXO 2

### ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES



LABORATORIO DE ENSAYO Y ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-029



### INFORME DE RESULTADOS

#### SERVICIO DE SEGURIDAD SALUD MEDIO AMBIENTE Y CAPACITACION PERU S.A.C. SESAM PERU

AV. REPUBLICA DE CHILE NRO. 295 DPTO. 1005 URB. SANTA BEATRIZ - LIMA

**Proyecto:**

### TESIS

Propuesta de Diseño Estructural de una Planta de Tratamiento

de Aguas Residuales en la ciudad de Juli - Puno

Emitido por: Doris Quicara Choquepiunta - Griselda Cusi Coaquira

Fecha de Emisión: 14/03/2020

Lic. Quim. Doris Quicara Choquepiunta

CCP: 790

Supervisor de Laboratorio - Sede Arequipa

Blg. Griselda Cusi Coaquira

CCP: 9800

Analista de Laboratorio de Microbiología - Sede Arequipa

Renovación de Acreditación a Corporación Laboratorios  
Ambientales del Perú S.A.C.  
División - Medio Ambiente

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

El presente informe se realiza en atención a lo solicitado por el proyecto de Propuesta de Diseño Estructural de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Juli - Puno, para realizar la comparación de los resultados de laboratorio del monitoreo realizado en el punto PTAR 01, en el Centro poblado Molino del distrito Juli y provincia Chucuito - Puno, con protocolo de muestreo y la normativa ambiental peruana vigente de calidad de agua. Por lo tanto, se realiza la comparación con las siguientes normativas:

- D.S. N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, Anexo I-Categoría 3.
- D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales, Anexo: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes del PTAR.

El Tesista, contrató al laboratorio ALS Corplab, para llevar a cabo los análisis de todas las muestras, dicha empresa está acreditada en INACAL Registro N° LE-029, que garantizan la calidad de los resultados.

### **1.2. Objetivos**

- Comparar los resultados obtenidos en el monitoreo ambiental, con la normativa nacional vigente y evaluar su situación actual.

### **1.3. Marco Legal**

- Constitución Política del Perú \_ Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ley General del Ambiente N° 28611
- Estándar de calidad de Agua, Ley General de Aguas, Ley N° 17752 y sus modificatorias, Clase III Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales
- Protocolos de Monitoreo de Calidad de Agua y Efluentes Líquidos \_ MEM D.S. 002-2008 MINAM
- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias D.S. N° 004-2017-MINAM
- D.S. N° 002-2008-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad de Agua.
- D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales.
- D.S. N° 031-2010-S.A. Reglamento de la calidad del agua de Consumo Humano.

## II. METODOLOGÍA UTILIZADA

### 2.1. Parámetros Evaluados y Metodología de Ensayo

#### 2.1.1. Calidad de agua

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
12261	LME	Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
16189	AQP	Aniones por Cromatografía Iónica	EPA METHOD 300.0, Rev 2.1, 1993	Determination of inorganic anions by ion chromatography
1828	AQP	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test
8803	AQP	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
8807	AQP	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 22nd Ed. 2012	Ascorbic Acid Method
11620	LME	Nitrógeno Amoniacal (Skalar)	ISO 11732 (Validado), 2nd. Ed. 2005	Water quality - Determination of ammonium nitrogen - Method by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection
8825	AQP	Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure
8830	AQP	Numeración de Escherichia Coli	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 22nd Ed. 2012	Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate
8162	AQP	Salmonella*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9260 B.1d, 22nd Ed. 2012	Detection of pathogenic Bacteria. General Quantitative Isolation and Identification for Salmonella
1843	AQP	Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
9218	AQP	Vibrio cholerae*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9260H, 22nd Ed. 2012	Vibrio cholerae

## 2.2. Criterios para aseguramiento de la calidad

- Los ensayos lo realizaron el Laboratorio ALS Corplab.
- Los ensayos son controlados realizando controles internos utilizando materiales de referencia. Este control incluye la participación en comparaciones de calidad de resultados entre diferentes laboratorios a nivel internacional. Así mismo dentro de nuestro Sistema de Calidad existen diferentes niveles de control de manera que aseguren la calidad de los resultados.
- El programa de control y aseguramiento de calidad de ALS Corplab consiste en las recomendaciones de Publicaciones internacionales, oficiales y estandarizadas, como las que nombramos a continuación:
  - ✓ Determinación de límite de detección,
  - ✓ Lectura de blancos.
  - ✓ Lectura de muestras de control (estándares).
  - ✓ Lectura de Adición de estándares.
  - ✓ Lectura de Duplicados.
  - ✓ Definición del comportamiento de las muestras estándares en el tiempo mediante gráficas de Control.
  - ✓ Criterios de Aceptación o rechazo de resultados.

## III. NORMATIVA AMBIENTAL

### 3.1. Calidad de agua

- D.S. Nº 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales, Anexo: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes del PTAR.

ANEXO  
Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6,5-8,5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

## ANEXO

## Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0.1		0.1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2,500		5,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2		0.5
Fenoles	mg/L	0.002		0.01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/L	1,000		1,000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilio	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05
Cobre	mg/L	0.2		0.5
Cobalto	mg/L	0.05		1
Cromo Total	mg/L	0.1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2.5		2.5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0.2		0.2
Mercurio	mg/L	0.001		0.01
Níquel	mg/L	0.2		1

Interpretación de Resultados de Calidad de Aguas Residuales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Plomo	mg/L	0.05		0.05
Selenio	mg/L	0.02		0.05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0.04		0.045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<u>Organoclorados</u>				
Aldrín	µg/L	0.004		0.7
Clordano	µg/L	0.006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0.001		30
Dieldrín	µg/L	0.5		0.5
Endosulfán	µg/L	0.01		0.01
Éndrin	µg/L	0.004		0.2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01		0.03
Lindano	µg/L	4		4
<u>Carbamato</u>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100	1,000	2,000	1,000
	ml			
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100	1,000	**	**
	ml			
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

#### IV. RESULTADOS DEL MONITOREO

##### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Calidad de Agua Residual

Tipo de Muestra				Agua Residual Municipal
Identificación				Agua Residual Salida de buzón
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	
<b>003 ANÁLISIS FISCOQUIMICOS</b>				
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	6,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1828	mg/L	2	< 2
Demanda Química de Oxígeno	8803	mg O <sub>2</sub> /L	2	15
Fósforo Total	8807	mg P/L	0,012	2,270
Nitrógeno Amoniacal	11620	mg NH <sub>3</sub> -N/L	0,006	8,91
Sólidos Totales Suspendidos	1843	mg/L	2	20
pH *		Unidad de pH		7,2
T *		°C		5
<b>005 ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA - ANIONES</b>				
Nitratos, (como N)	16189	mg/L	0,003	< 0,003
Nitritos, NO <sub>2</sub> -	16189	mg/L	0,003	< 0,003
<b>015 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Fecales	8825	NMP/100mL	1,8	25,000
Escherichia coli	8830	NMP/100mL	1,8	25,000
Salmonella	8162	AUS/PRES	1	Ausencia
Vibrio cholerae	9218	AUS/PRES	---	Ausencia

(\*) Muestreo en Campo

## 4.2. Comentarios

### 4.2.1. Calidad de Agua Residual

Se realiza la comparación a la estación PTAR 01 con el D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales, Anexo: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes del PTAR.

Tipo de Muestra				Agua Residual Municipal	D.S. N° 003-2010-MINAM
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	Salida de aguas residuales laguna de oxidación (PTAR 01)	LMP para los efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos o Municipales
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	6,2	20
Coliformes Fecales	8825	NMP/100mL	1,8	25,000	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1828	mg/L	2	< 2	100
Demanda Química de Oxígeno	8803	mg O <sub>2</sub> /L	2	15	200
pH *		Unidad de pH		7,2	6,5-8,5
Sólidos Totales Suspendidos	1843	mg/L	2	20	150
T *		°C		5	<35
Fósforo Total	8807	mg P/L	0,012	2,270	---
Nitrógeno Amoniacal	11620	mg NH <sub>3</sub> -N/L	0,006	8,91	---
Nitratos, (como N)	16189	mg/L	0,003	< 0,003	---
Nitritos, NO <sub>2</sub> -	16189	mg/L	0,003	< 0,003	---
Escherichia coli	8830	NMP/100mL	1,8	25000	---
Salmonella	8162	AUS/PRES	1	Ausencia	---
Vibrio cholerae	9218	AUS/PRES	---	Ausencia	---

- Los valores de Aceite y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Sólidos Totales Suspendidos, Temperatura en la estación de monitoreo PTAR01 se encuentra por debajo del límite máximo permisible indicado en el D.S. N° 003-2010-MINAM.
- Los valores de coliformes Fecales en la estación de monitoreo PTAR01 se encuentra por **ENCIMA** de los límites máximos permisibles indicados en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

Interpretación de Resultados de Calidad de Aguas Residuales

Se realiza la comparación a la estación PTAR 01 con el D.S. N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, Anexo I-Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

**Comparación de resultados a la estación SARLO con D.S. N° 004-2017-MINAM**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales	Agua Residual Municipal
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Salida de aguas residuales laguna de oxidación (PTAR 01)
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	5		10	6.2
Bicarbonatos	mg/L	518		**	---
Cianuro Wad	mg/L	0.1		0.1	---
Cloruros	mg/L	500		**	---
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)	---
Conductividad	(µS/cm)	2,500		5,000	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15	<2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40	15
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2		0.5	---
Fenoles	mg/L	0.002		0.01	---
Fluoruros	mg/L	1		**	---
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100	< 0.003
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10	< 0.003
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5	---
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4	7.2
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000	---
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3	5
<b>INORGÁNICOS</b>					
Aluminio	mg/L	5		5	---
Arsénico	mg/L	0.1		0.2	---
Bario	mg/L	0.7		**	---
Berilio	mg/L	0.1		0.1	---
Boro	mg/L	1		5	---
Cadmio	mg/L	0.01		0.05	---
Cobre	mg/L	0.2		0.5	---
Cobalto	mg/L	0.05		1	---
Cromo Total	mg/L	0.1		1	---
Hierro	mg/L	5		**	---
Litio	mg/L	2.5		2.5	---
Magnesio	mg/L	**		250	---
Manganeso	mg/L	0.2		0.2	---
Mercurio	mg/L	0.001		0.01	---
Níquel	mg/L	0.2		1	---
Plomo	mg/L	0.05		0.05	---
Selenio	mg/L	0.02		0.05	---
Zinc	mg/L	2		24	---

Interpretación de Resultados de Calidad de Aguas Residuales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales	Agua Residual Municipal
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Salida de aguas residuales laguna de oxidación (PTAR 01)
<b>ORGÁNICO</b>					
<b>Bifenilos Policlorados</b>					
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0.04		0.045	---
<b>PLAGUICIDAS</b>					
Paratión	µg/L	35		35	---
<b>Organoclorados</b>					
Aldrín	µg/L	0.004		0.7	---
Clordano	µg/L	0.006		7	---
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0.001		30	---
Dieldrín	µg/L	0.5		0.5	---
Endosulfán	µg/L	0.01		0.01	---
Endrín	µg/L	0.004		0.2	---
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01		0.03	---
Lindano	µg/L	4		4	---
<b>Carbamato</b>					
Aldicarb	µg/L	1		11	---
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1,000	2,000	---	---
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1,000	**	**	25,000
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**	---

**Riego de vegetales**

- Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) + Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), en la estación de monitoreo PTAR01 se encuentra por DEBAJO de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3 indicados en el D.S. N° 004-2017-MINAM y Potencial de Hidrógeno (pH) se encuentra dentro de valores permitidos.
- Los valores de Aceite y grasas, *Escherichia coli* en la estación de monitoreo PTAR01 **SUPERA** los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3 indicados en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

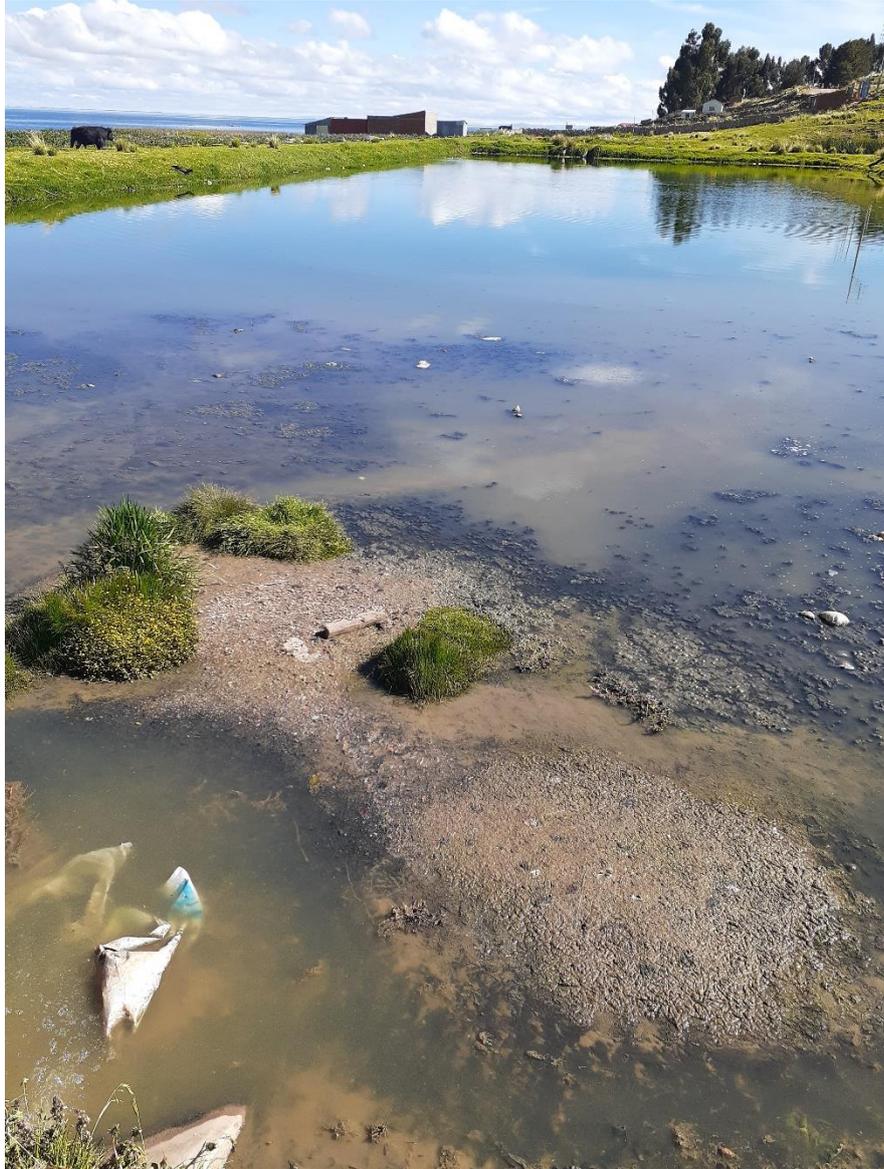
**Bebida de animales**

- Los valores de Aceite y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) + Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N) pH, Sólidos Totales Suspendidos, Temperatura en la estación de monitoreo PTAR01 se encuentra por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3 indicados en el D.S. N° 004-2017-MINAM y Potencial de Hidrógeno (pH) se encuentra dentro de valores permitidos.
- Los valores de, *Escherichia coli* en la estación de monitoreo PTAR 01 **SUPERA** los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3 indicados en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

**ANEXO 3**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



***Fotografía 01. Ingreso de aguas residuales que contaminan el ambiente.***



**Fotografía 02.** *Se observa la contaminación generada por aguas residuales.*



**Fotografía 03.** Se observa a orillas del lago Titicaca la instalación de jaulas de de truchas muy cerca de la desembocadura de aguas residuales.



**Fotografía 04.** *Recolección de agua residual en campo*



**Fotografía 04.** Muestra obtenida de aguas residuales provenientes de la ciudad de Juli









Yo, Mg.Ing. Samir Augusto Arévalo Vidal, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Campus San Juan de Lurigancho revisor de la tesis titulada:

“Propuesta de Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Juli - Puno” del(os) estudiante(s):

CANAHUA AGUILAR ABRAHAM WILY y SARAVIA VELAZCO CATHERINE

Constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 15-03-21



.....

Firma

Mg. Ing. Samir Augusto Arévalo Vidal

DNI: 46000342

	Elaboró Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	 VICEDIRECTORADO DE Investigación
---	---------------------------------------	--------	--	---