

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA EMPRESA TITIKAKA TROUT PERÚ SCRL – 2020**

PRESENTADO POR:

MARTIN EUSEBIO CHACOLLI VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA EMPRESA TITIKAKA TROUT PERÚ SCRL – 2020”**

PRESENTADO POR

MARTIN EUSEBIO CHACOLLI VILCA PARA

OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Dr. LUIS ALBERTO SUPO QUISPE

PRIMER MIEMBRO



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

SEGUNDO MIEMBRO



Dra. SANDRA BEATRIZ BUTRÓN PINAZO

ASESOR DE TESIS



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Area: Ingeniería y Tecnología
Disciplina: Aguas Residuales
Especialidad: Ingeniería Ambiental

Puno, 29 de abril de 2021

DEDICATORIA

En memoria a mis padres, quienes desde la eternidad me vienen guiando para el logro de mis objetivos profesionales para ser una persona de bien.

A Lidia mi esposa, por ser una persona tan especial que siempre estuvo a mi lado en cada momento, velando por mi bienestar y depositando su entera confianza para alcanzar todos los éxitos.

A mis hijas: Katherine, Mayumi y Dayan, quienes son mi sustento y motivo para poder seguir esforzándome todos los días para alcanzar mis objetivos.

Martin E. Chacolli Vilca.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, Facultad de Ingenierías, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental; por contribuir al desarrollo personal, social y científico de quienes conformamos esta casa de estudios.
- A los docentes de la Facultad de Ingenierías, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por haberme compartido sus experiencias profesionales en mi formación profesional.
- A la empresa TITIKAKA TROUT PERU SCRL, quien ha brindado todas las facilidades para la ejecución del proyecto de tesis “Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa TITIKAKA TROUT PERÚ SCRL”, para poder contribuir a la mejora de su sistema de tratamiento de aguas industriales, de manera que se minimice la contaminación por vertimientos industriales.
- A mis jurados, Dr. Luis Alberto Supo Quispe, Dr. Esteban Isidro Leon Apaza y a la Dra. Sandra Beatriz Butrón Pinazo, por su tiempo y apoyo en la ejecución y sustentación de mi proyecto de tesis.
- A mi asesor de tesis, M.Sc. Katia Elizabeth Andrade Linarez, por su apoyo y su paciencia que me tuvo en todo momento para la realización del presente proyecto de tesis.

	ÍNDICE GENERAL	Pág.
DEDICATORIA		i
AGRADECIMIENTOS		ii
ÍNDICE GENERAL		iii
ÍNDICE DE TABLAS		vi
ÍNDICE DE FIGURAS		vii
RESUMEN		viii
ABSTRACT		ix
INTRODUCCIÓN		1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1. Problema general	4
1.1.2. Problemas específicos	4
1.2. ANTECEDENTES	5
1.2.1. Antecedentes internacionales	5
1.2.2. Antecedentes nacionales	6
1.2.3. Antecedentes locales	9
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos	13

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	15
2.1.1. Tratamiento de Aguas Residuales	15
2.1.2. Aguas Residuales	16
2.1.3. Tipos de Agua Residual	16
2.1.4. Tratamiento primario	17
2.1.5. Tratamiento secundario	18
2.1.6. Tratamiento terciario	18

2.1.7. Valores máximos admisible	18
2.2. MARCO CONCEPTUAL	20
2.3. HIPÓTESIS	26
2.3.1.Hipótesis general	26
2.3.2.Hipótesis específicas	26
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	28
3.1.1. Descripción del área de estudio	28
Figura 01. Mapa de ubicación del área de estudio	29
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	29
3.2.1. Población	29
3.2.2. Tamaño de muestra	29
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	30
3.3.1. Materiales	30
3.3.2. Metodología	31
3.3.2.1. Características de la empresa	32
3.3.2.2. Descripción del proceso productivo	33
3.3.3. Diagnóstico y descripción de sistema de tratamiento de efluentes	39
3.3.3.1. Efluentes generados en la planta de procesamientos	39
3.3.3.2. Tratamiento preliminar – canaletas.	40
3.3.3.3. Tratamiento primario – trampa de grasa	40
3.3.3.4. Cámara de sedimentador primario	41
3.3.3.5. Filtro grava y arena	41
3.3.3.6. Disposición final de descarga	41
3.3.3.7. Caudal de diseño	42
3.3.4. Aspectos ambientales	42
3.3.5. Determinación de parámetros de evaluación	43
3.3.5.1. Determinación de los puntos de muestreo	44

3.3.5.2. Determinación de Aceites y Grasas (A y G)	46
3.3.5.3. Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	49
3.3.5.4. Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)	52
3.3.5.5. Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)	55
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	56
3.4.1. Variable independiente	56
3.4.2. Variable dependiente	56
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	57
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	58
4.1.1. Diagnóstico de las concentraciones de los parámetros físico-químicos.	58
4.1.2. Evaluación del sistema de tratamiento de los efluentes industriales de la planta de procesamiento de trucha.	61
4.1.3. Parámetros físicos-químicos (AyG, DBO5, DQO y SST) de los efluentes del proceso de trucha y cumplimiento del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.	63
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS	Pág.
Tabla 01. Valores máximos admisibles para descarga de aguas residuales no domésticas (evaluados en el estudio).	19
Tabla 02. Valores máximos admisibles para descarga de aguas residuales no domésticas.	19
Tabla 03. Composición de la sanguaza	23
Tabla 04. Coordenadas geográficas del proyecto	28
Tabla 05. Capacidad de producción de la planta	33
Tabla 06. Efluentes industriales y domésticos	39
Tabla 07. Efluentes industriales generados por etapas	40
Tabla 08. Características físico químicas de la sanguaza	41
Tabla 09. Consumo de agua por actividades en el Proceso de la Planta	42
Tabla 10. Etapas del proceso de trucha y sus aspectos ambientales	43
Tabla 11. Parámetros físico químico según D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA	44
Tabla 12. Número de datos de cada parámetro durante el periodo de estudio	44
Tabla 13. Operacionalización de variables	56
Tabla 14. Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en los efluentes industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	58
Tabla 15. Prueba de T de Student para comparar los valores obtenidos del efluente y el límite permisible en la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	59
Tabla 16. Evaluación del sistema de tratamiento de efluentes industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	61
Tabla 17. Prueba de Chi cuadrado para evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de efluentes industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	62

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 01. Mapa de ubicación del área de estudio	29
Figura 02. Diagrama de flujo del proceso de trucha entera eviscerada	37
Figura 03. Balance hídrico Balance hídrico para proceso de trucha fresca	38
Figura 04. Riesgo de contaminación según momento del proceso de transformación primaria	45
Figura 05. Aceites y grasas en aguas de efluente del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	63
Figura 06. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en aguas de efluente del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	64
Figura 07. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas de efluente del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	65
Figura 08. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en aguas de efluente del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.	66

RESUMEN

La contaminación del agua es uno de los aspectos más preocupantes cuando se instalan industrias para el procesamiento de pescado (trucha), que requieren el uso de este recurso en sus procesos productivos, en el caso del Perú el Ministerio de Vivienda señala los límites permisibles para las aguas residuales de las industrias de este tipo. El estudio tuvo por objetivo diagnosticar las concentraciones de los parámetros físico químicos en las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata. La metodología consistió en el muestreo de aguas en la sala de proceso y zona de descargas, el número de muestras fue tres por cada parámetro, se consideró la medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Aceites y grasas y Sólidos suspendidos totales, los mismos que se realizaron en campo y laboratorio; los resultados se analizaron por estadística descriptiva y prueba T de Student y Chi cuadrado con un nivel de confianza del 95%. Los resultados son: las concentraciones de los parámetros físico-químicos en los efluentes industriales de la planta de procesamiento de trucha, fueron en promedio para Demanda Bioquímica de Oxígeno 756.67 mg/l, Demanda Química de Oxígeno 9.10 mg/l, Aceites y grasas 41.10 mg/l y Sólidos suspendido totales 77 mg/l. Los parámetros Aceites y grasas, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales sí cumplen con la normatividad vigente, la Demanda Bioquímica de Oxígeno no cumple con la misma por exceder el límite permisible. Se concluye que el sistema de tratamiento muestra eficiencia de 92.5% para aceites y grasas, de 85.15% para Sólidos Suspendidos Totales, no muestra eficiencia para DBO y DQO.

Palabras clave: Procesamiento de trucha, aguas residuales industriales, sistema alcantarillado, vertimiento de residuos.

ABSTRACT

Water pollution is one of the most worrying aspects when industries for the processing of fish (trout) are installed, which require the use of this resource in their production processes, in the case of Peru the Ministry of Housing indicates the permissible limits for effluents from industries of this type. The objective of the study was to diagnose the concentrations of the physicochemical parameters in the industrial effluents of the trout processing plant of the Titikaka Trout Peru SCRL company in the Pomata District. The methodology consisted of water sampling in the process room and discharge area, the number of samples was three for each parameter, it was considered the measurement of the Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Oils and fats and suspended solids. totals, the same as those carried out in the field and laboratory; the results were analyzed by descriptive statistics and Student's t test and Chi square with a confidence level of 95%. The results are: the concentrations of the physical-chemical parameters in the industrial effluents of the trout processing plant, were on average for Biochemical Oxygen Demand 756.67 mg / l, Chemical Oxygen Demand 9.10 mg / l, Oils and fats 41.10 mg / l and Total suspended solids 77 mg / l. The parameters Oils and fats, Chemical Oxygen Demand and Total Suspended Solids do comply with current regulations, the Biochemical Oxygen Demand does not comply with it because it exceeds the permissible limit. It is concluded that the treatment system shows efficiency of 92.5% for oils and fats, of 85.15% for Total Suspended Solids, it does not show efficiency for BOD and COD.

Keywords: Trout processing, industrial wastewater, sewerage system, waste dumping.

INTRODUCCIÓN

El lago Titicaca se constituye en el recurso hídrico de mayor importancia en la zona sur del Perú, en los últimos años a lo largo de toda sus zonas ribereñas se viene desarrollando la acuicultura en jaulas flotantes, principalmente de la trucha, esta actividad trae consigo, como en toda actividad productiva, la producción de desechos como son las aguas utilizadas en las plantas de transformación primaria, que entre sus componentes principales tiene grasa, sangre y otros desechos propios de este proceso.

Las empresas que realizan esta actividad están comprendidas dentro del D.S. N° 010-2019-VIVIENDA, donde se especifica los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, por lo que las mismas vienen implementando pequeñas plantas de tratamiento, en el caso específico de la empresa Titikaka Trout Perú SCR cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales industriales, para la cual se planteó realizar su evaluación, para verificar si dicho tratamiento cumple con la normatividad señalada.

En este sentido y siguiendo la metodología de investigación científica, se inició el estudio identificando dicha situación problemática, para posteriormente plantear los objetivos e hipótesis que permitieron formular este estudio. El presente informe contiene un primer capítulo donde se realiza el planteamiento del problema, considerando los antecedentes y objetivos, en el segundo capítulo se expone el marco teórico, conceptual e hipótesis de la investigación, los mismos que permiten tener un sustento teórico y conceptual sobre el tema de investigación. Luego en el capítulo tres se menciona la metodología de la investigación donde se detalla la zona de estudio, el tamaño de muestra, los métodos y técnicas, las variables de estudio y el método estadístico aplicado. En el capítulo cuarto se presenta la exposición de los resultados, donde se describen y analizan las tablas y figuras, además de

realizar la discusión de los mismos con la teoría y antecedentes, finalmente se da a conocer las conclusiones y recomendaciones, además de la bibliografía utilizada.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La FAO define a la acuicultura como: “el cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción.” (FAO, 2019).

En la actualidad la acuicultura ha convertido a la Región de Puno en el primer productor de trucha a nivel nacional, el cual viene generando la necesidad de instalación de infraestructura de plantas de procesamiento primario de trucha en las diferentes zonas de producción, sin embargo, estas plantas se vienen instalando sin tener la consideración de un sistema de tratamiento de aguas residuales (sanguaza) que se genera por la actividad de procesamiento de la trucha, en tal sentido es necesario evaluar la operación y funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Empresa.

El titular de una infraestructura pesquera de acuerdo a la normativa ambiental, asume compromisos ambientales mediante los instrumentos de gestión ambiental (EIA, DIA), presentan ante las autoridades competentes (PRODUCE, DIREPRO, OEFA), los

reportes de monitoreo de los efluentes industriales que se realiza durante la temporada de operación de la planta de procesamiento.

Que, los titulares están obligados a ejecutar de manera permanente planes de manejo ambiental y, en consecuencia, a realizar las acciones necesarias para prevenir o revertir en forma progresiva, según sea el caso, la generación y el impacto negativo de las mismas, a través de la implementación de prácticas de prevención de la contaminación y procesos con tecnologías limpias, prácticas de reutilización, tratamiento y disposición final.

Que, el artículo 51° del Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el crecimiento de la Inversión Privada, establece que la autoridad sectorial competente comunicará al Ministerio del Ambiente – MINAM sobre las actividades a desarrollarse en su sector que, por su riesgo ambiental, pudieran exceder los niveles o estándares tolerables de contaminación o deterioro.

1.1.1. Problema general

¿La evaluación del sistema de tratamiento y la concentración de los parámetros fisicoquímicos (DBQ₅, DQO, AyG y SST), de las aguas residuales industriales provenientes de la Planta de procesamiento de trucha de la empresa TITIKAKA TROUT PERU SCRL, cumplirán con la normativa vigente de vertimientos (D.S. N° 010-2019-VIVIENDA)?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Como es el sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL, ubicada en Sector Faro, Distrito de Pomata, Provincia de Chucuito Región de Puno.

- Los parámetros físico-químicos de las aguas residuales, cumplirán con la normatividad vigente (D.S. N° 010-2019-VIVIENDA).

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Antecedentes internacionales

Montesdeoca (2016), concluye que la generación del agua residual evidenció un mal uso, manejo inadecuado de las instalaciones hídricas, la caracterización físico químico permitió conocer que los valores de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y tensoactivos se encuentran comúnmente fuera del límite permisible por la normativa ambiental del Acuerdo Ministerial 097^a, el estudio se realizó mediante el dimensionamiento del vertedero a partir de la determinación de los caudales de descarga, diagnóstico de los procesos de generación de agua residual, caracterización físico químico, se empleó técnicas para la recolección de muestras de agua residual, métodos de laboratorio para el análisis físico químico, técnicas de medición de caudales en conductos abiertos, cerrados, lineamientos de longitud, altura, ancho del vertedero.

Guerra & Logroño (2019), el artículo de investigación concluye que la construcción, operación, mantenimiento, cierre y abandono de un Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales típicos, generan un impacto negativo moderado y temporal; por lo que también se generan impactos positivos que abarcan en su mayoría la generación de empleo en cada una de sus actividades, de los 152 impactos identificados, el 59% correspondieron a los de carácter positivo, mientras que los negativos representaron el 41%, indicando de esta manera, que la dotación de servicios básicos genera inconvenientes en su primera etapa de construcción, sin embargo a partir de esta, presenta beneficios para la población

proporcionando mejores sistemas de evacuación de aguas servidas, controlados y dirigidas hacia plantas de tratamiento, donde las aguas negras podrán recuperar su calidad y ser vertidas cumpliendo los límites permisibles de descarga.

Chacha (2016), concluye que los resultados de la caracterización de los vertimiento de aguas residuales generados en los procesos de faena en el Camal Municipal de la Ciudad de Macas – Ecuador, los parámetros de DQO y DBO₅ son valores altamente elevados debido a la gran carga orgánica del vertido y la relación entre ellos demuestra que el vertido es de naturaleza biodegradable, en consecuencia el agua puede ser tratada mediante un sistema biológico de Humedales Artificiales, se determinaron a través de la caracterización de las mismas, obteniendo resultados cuyos valores se encuentran dentro de los límites permisibles del TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 10 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, Recurso agua; siendo sus resultados los siguientes: DQO 29,5 mg/L, DBO 52 mg/L, Aceites y Grasas 12 mg/L, Nitrógeno total 10,8 mg/L, Fosfatos 0,27 mg/L, Hierro 1,7 mg/L, Sólidos Totales 12 mg/L, Sólidos Sedimentables 0 mg/L, Sólidos Suspendidos 10 mg/L, Coliformes Fecales 160 UFC/100 ml.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Cusiche & Miranda (2019), los resultados del artículo de investigación arrojan que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) superan los límites máximos permisibles y en época de estiaje son aguas de mala calidad. Las aguas residuales que son vertidas es considerada como una potencial fuente de contaminación y posible efecto tóxico para organismos acuático del cuerpo receptor de las mismas (lago Junín), los componentes que sufren el impacto de estas aguas son principalmente son la flora y fauna propias de este ecosistema, los resultados indican una presencia importante de bacterias como son los coliformes termotolerantes, evidenciándose diferencias

respecto a la época del año (lluviosa y seca), siendo menor la carga bacteriana menor en la época lluviosa. Los resultados del análisis bacteriológico evidencian que no se realiza el tratamiento de las aguas servidas antes de su ingreso al lago Junín, por lo cual el proceso de eutrofización de las aguas es evidente, además de fuertes impactos en la biodiversidad, como parte del estudio se realizó la ubicación de estaciones muestreo en el lago a una distancia aproximada de 500 m de la zona de desembocadura, además de considerar las dos épocas del año, con lo cual se logró una buena descripción del estado actual de la contaminación en este lago, de tanta importancia por poseer especies propias.

Murillo (2018), se concluye que la tecnología de lodos activados de la planta de tratamiento de agua residuales utilizada en la fábrica de producción de almidones a pesar de tener una eficiencia de remoción por encima del 97% debe ser complementado con un tratamiento anaerobio debido a las altas cargas orgánicas de sus afluentes, se han realizado mediante los monitoreos entre los años 2012 y 2016 en la planta de tratamiento de aguas residuales, se evaluaron los parámetros de DBO₅, DQO, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, pH que permitieron establecer la eficiencia de remoción de materia orgánica y se comparó con la eficiencia de remoción teórica que se obtienen con otras alternativas de tratamiento.

Nolasco (2018), en su estudio señala la realización de los análisis de los parámetros físicos y químicos del agua, así como del microbiológico en el canal de Galindona, en el primer punto de muestreo indica que la calidad del agua fue similar a los valores de los límites permisibles para este tipo de agua, mientras que en el segundo punto los valores obtenidos se hallaron por encima de los permitidos, por el Estándar de

Calidad Ambiental (ECA), que se encuentra señalado en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Así el análisis de DBO₅ medio de 22.3 mg/l, DQO de 74 mg/l, fósforo total promedio 16.8 mg/l, Nitrógeno total con un promedio de 16.03 mg/l y Coliformes Termotolerantes en media de 77 250 NMP/100 ml. Estos resultados se reflejan en la alteración ambiental evidente, en el caso de la composición de la fauna se observó una mayor abundancia de macroinvertebrados, además una evaluación inicial permitió observar impactos ambientales negativos en los componentes aire, suelo y agua en la zona evaluada. Se detalla que la cantidad y calidad del agua del efluente se encuentra en función del número de reses que son beneficiadas en el camal, puesto que de ello depende el uso del agua que se haga dentro de la infraestructura, se recomienda realizar un control continuo de la calidad del agua del efluente, poniendo énfasis en el diseño de una planta de tratamiento del agua previo a su ingreso al cuerpo receptor.

Quevedo (2016), en su estudio señala conclusiones como que la aplicación de tratamiento químico ha conseguido la disminución de la carga contaminante de las aguas servidas que genera la empresa pesquera Pelayo S.A.C., en lo que respecta a los componentes de grasas, sólidos suspendidos y aceites, los resultados señalan una eficiencia de tratamiento de hasta el 97% y 91.7% para cada casos, mientras que el valor de pH del agua se mantuvo constante dentro del rango permisible para esta categoría de aguas, que viene señalado en el D.S. N° 010-2008-PRODUCE, en donde se detallan los límites que son permitidos en el efluente, en esta normativa se enfatiza en aquellos componentes que son afectados de manera directa por la actividad productiva realizada. Finalmente la conclusión es de que el uso de sustancias químicas permite remover la mayoría de las sustancias contaminantes,

básicamente aceites, grasas y sólidos en suspensión, con técnicas de floculación y coagulación química.

Castro (2017), concluye que el contenido de materia orgánica en los efluentes del Camal El Porvenir tienen altos contenidos de materia orgánica superando los Límites Máximos Permisibles y los Valores Máximos Admisibles, establecidos en las normas nacionales, reportando altos índices de DQO y DBO₅, cuyos valores sobrepasan los valores máximos admisibles para la descarga del efluente del Camal hacia el sistema de alcantarillado, su diseño es experimental, cuantitativa el proceso consistió en evaluación de 8 muestras de 300 mL de agua residual del Camal cada una a las que se agregó solución de sulfato de aluminio al 1% en las dosis siguientes: 6 mL, 12 mL, 18 mL, 24 mL, 30 mL, 36 mL, 42 mL y 48 mL respectivamente, utilizando el test de Jarras en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Trujillo, obteniéndose como resultado que el mayor porcentaje de disminución de carga orgánica se obtuvo con la muestra a la que se le agregó 36 mL de Sulfato de aluminio al 1%, llegando a disminuir la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 95.34 % y Demanda Química de Oxígeno en 95.85 % .

Otiniano (2016), concluye que el efecto del proceso de coagulación floculación en condiciones óptimas se obtuvo el mayor porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos de 83.66% de acuerdo a los resultados de esta investigación, que el efecto los diferentes pH, es mejor la remoción de Sólidos Suspendidos Totales de la muestra obtenida del efluente final del Camal Municipal El Porvenir, fue el pH 6, pH relativamente ácido, con 76.17% de remoción, asimismo, en la determinación del efecto de diferentes dosificaciones de coagulante Sulfato de Aluminio, se demostró el efecto óptimo para la remoción de Sólidos Suspendidos Totales de la muestra obtenida del efluente final del Camal Municipal El Porvenir, fue la dosificación de 60

mL con 79.21% de remoción, por otra parte, en la determinación del efecto de diferentes dosificaciones del floculante aniónico, se demostró el efecto óptimo para la remoción de Sólidos Suspendidos Totales de la muestra obtenida del efluente final del Camal Municipal El Porvenir, fue la dosificación de 3 mL con 83.66% de remoción.

1.2.3. Antecedentes locales

Callata (2014), concluye que el sistema no está trabajando eficientemente ya que su eficiencia de remoción es baja. La eficiencia de tratamiento del sistema mediante los parámetros evaluados es: DBO₅ 80.59%, DQO 80.59%, Aceites y Grasas se mantiene 0.012 mg/L, Sólidos totales en suspensión 7.77%. También se determinó la eficiencia de remoción de Coliformes Totales 55.14% y Coliformes Fecales 41.93%. Al comparar los valores determinados en el efluente con los LMP (límites máximos permisibles) establecidos en el D.S. N° 003–2010–MINAM, se concluye que el nivel de contaminación no cumple ya que los contaminantes potenciales (DBO₅, DQO), la investigación se ha realizado mediante la identificación del sistema, diagnóstico, registro histórico de datos de campo, frecuencia de muestreo, procesamiento y análisis de parámetros analizados, evaluación de resultados y propuesta de mejora del tratamiento de aguas residuales adicionando algunas estructuras indispensable, como parte del proceso de tratamiento.

Huahuasoncco (2018), concluye que de los componentes ambientales analizados indican que muestran una afectación negativa entre leve y moderada debido a la escorrentía de las aguas residuales son: calidad del suelo el 9,90% (riesgo ambiental moderada), aguas superficiales el 14,85% (riesgo ambiental moderada), calidad de aire el 17,82%, (riesgo ambiental leve), flora acuática el 13,86% (riesgo ambiental moderada), fauna el 8,91% (riesgo ambiental leve), social el 17,82% (riesgo ambiental leve), presentan impactos de carácter negativo y solamente generación de

ingresos y empleo el 16,83% (riesgo ambiental moderada), reflejan riesgos positivos, los análisis realizados demuestran que la variación del pH a lo largo del río Ayaviri fluctúan entre el valor mínimo 7,55 y máximo 8,20, en los puntos de muestreo P4 y P1; la variación de la conductividad a lo largo del río Ayaviri fluctúan entre el valor mínimo 872,11 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máximo 1861,56 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en los puntos de muestreo P4 y P1; la variación de la demanda bioquímica de oxígeno a lo largo del río Ayaviri fluctúan entre el valor mínimo 69,72 mg/L y máximo 160,00 mg/L, en los puntos de muestreo P4 y P1; la variación de la demanda química de oxígeno a lo largo del río Ayaviri fluctúan entre el valor mínimo 174,23 mg/L y máximo 320,00 mg/L, en los puntos de muestreo P4 y P1; de la variación de los sólidos totales suspendidos a lo largo del río Ayaviri fluctúan entre el valor mínimo 136,52 mg/L y máximo 519,45 mg/L, en los puntos de muestreo P4 y P1; la variación del contenido de aceites y grasas a lo largo del río Ayaviri fluctúan entre el valor mínimo 0,98 mg/L y 6,06 mg/L, en los puntos de muestreo P4 y P1. Respecto a la normatividad existente se realizó una revisión de los estándares de calidad utilizados en la evaluación, así se tiene vigente lo publicado por el Ministerio de Vivienda y el Ministerio del Ambiente, que enfatizan en las sustancias contaminantes como aceites, grasas, sólidos en suspensión. Los resultados de la ciudad de Ayaviri permiten señalar que sus aguas del efluente con cumplen con la normatividad establecida, es decir la calidad del agua no es la recomendable para su emisión al río Ayaviri, por tanto se concluye que se está produciendo un impacto negativo sobre el ambiente, en la flora y fauna del río, además de otros efectos directos en la población humana.

León (2018), concluye que la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domésticas con biodigestores en el sector de Chibaya Baja – Torata - Moquegua, están dados por los parámetros físico, Químico y Bacteriológico que evaluados dan

como resultado: DBO 59.51%, DQO 49.16%, Aceites y Grasas 35.92%, Sólidos totales en suspensión 52.78% y coliformes fecales (termotolerantes) 89.19%. Realizando la comparación de las aguas residuales tratadas por el biodigestor con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, en el decreto supremo N° 003-2010, se observa que la DBO y DQO no cumplen con los límites máximos permisibles y estas aguas no deben ser vertidas a cuerpos de aguas (ríos, lagos, aguas subterráneas, etc.), se realizó el muestreo de manera puntual en el afluente y efluente del biodigestor, las muestras se tomaron periódicamente cada 15 días, durante 01 mes, obteniendo 03 muestras, para los respectivos análisis fisicoquímicos y bacteriológico.

Mamani (2016), concluye que el trabajo realizado en la planta de tratamiento de aguas residuales, de la municipalidad provincial de Yunguyo, se tuvo los resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados anualmente son el pH, conductividad eléctrica, DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas y coliformes termotolerantes, estos resultados obtenidos se comparan con los LMP Efluente del Anexo A y Estándar de Calidad Ambiental para el Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales del Anexo B; los parámetros evaluados anualmente se encuentran dentro de los límites máximos permisibles pero el DBO₅ que reporta el año 2018 es un valor de 78 mg/ L en el afluente y DQO de 130 mg/ L esto nos indica que no cumplen con los estándares de calidad ambiental del agua Categoría 3 del Anexo B, lo que indica que la materia orgánica es degradada por los microorganismos y ocasiona que se consuma el oxígeno, lo que podría provocar la desaparición de la fauna acuática, el trabajo se ha realizado con la identificación de los puntos de muestreo pudimos observar que el pH del punto 4 que es de la Bahía de Yunguyo tiende a ser alcalina y un DBO₅ que no cumple con los límites máximos

permisibles evidenciando el deterioro de la calidad del agua en esta Bahía, con los resultados obtenidos evaluaremos cuánta carga contaminante residual ingresa y con cuanto sale y así poder determinar si puede ser reutilizada o no.

Condori (2017), concluye que el sistema de reactores para tratamiento de aguas residuales por proceso de lodos activados, se ha obtenido los siguientes resultado; DQO, entró con una concentración de 510 mg/L, finalizando las pruebas se logró bajar a 205 mg/L. DBO, inicio con 250 mg/L, al finalizar 88 mg/L. SST, comenzamos con 2200 mg/L, finalizando con 20 mg/L., las pruebas se realizaron mediante la puesta en marcha de este sistema y fue posible la remoción de sólidos en suspensión total (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO).

Mamani (2018), la investigación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de los procesos de curtido de pieles de animales, concluye que el tratamiento de las aguas residuales de remojo, la coagulación/floculación con sales de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ resultó ser una alternativa eficiente removiendo los sólidos totales (ST) en un 98.78%. La oxidación de sulfuros de las aguas residuales de pelambre se consiguió aireando y catalizado con $MnSO_4$, cuyo porcentaje de oxidación de sulfuro fue del 91.45%. Mediante la precipitación con NaOH se lograron reducir las concentraciones de sólidos totales (ST) y cromo (III) hasta en un 96.22% y 73.65% respectivamente, La estabilización de los lodos consistió en la sedimentación a diferentes concentraciones, donde la velocidad de sedimentación depende de la concentración de lodos. Para concentraciones de 33.08 gr/L y 6.62 gr/L de lodo la velocidad de sedimentación fue de 0.03 cm/min y 0.27 cm/min respectivamente.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

- Diagnosticar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL, a fin de comprobar el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL, ubicada en Sector Faro, Distrito de Pomata, Provincia de Chucuito Región de Puno.
- Determinar los parámetros físicos-químicos (AyG, DBO₅, DQO y SST), obtenidos de los reportes de monitoreo de las aguas residuales del proceso de trucha, en cumplimiento al Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Tratamiento de Aguas Residuales

Orozco (2005), indica que la contaminación del agua se produce por el vertimiento en ella de un elemento o compuesto, orgánico o inorgánico, que disuelto, disperso o suspendido, alcance una que exceda la tolerancia para un uso determinado. Estos usos pueden ser concentración para consumo humano, recreación, conservación de la flora y fauna, usos industrial y agropecuario, las aguas residuales o servidas, son aquellas que han sido usadas en la actividad doméstica o industrial, el tratamiento debe de estar dirigido a reducir la concentración del elemento contaminante que afecte los parámetros de calidad para el usos definido del agua, por ejemplo, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), afecta el oxígeno disuelto (OD) de las corrientes de agua,

Las aguas residuales son fundamentalmente aguas de abastecimiento de una población, impurificadas por los diversos usos: de las casas habitación, edificios comerciales e industriales. El volumen de éstas varía según la población y diversos factores: actividad, costumbres, estación, localización, etc., de forma que las zonas residenciales pueden producir entre 160 y 400 litros/persona y por día. También, son

definidas como aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas. Los efectos negativos de mayor impacto en los cuerpos receptores son la carga bacteriana y el contenido de materia orgánica, cuya oxidación o descomposición genera ambientes anóxicos, muchas veces asociados a mortandades de especies hidrobiológicas, en otros casos ambientes eutrofizados asociados a excesivo crecimiento de algas (Murillo, 2018).

2.1.2. Aguas Residuales

Becerril (2015) indica que son procesos alternativos para mejorar la calidad de las aguas residuales de pequeñas localidades, se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua, se llama también aguas residuales o aguas negras. Son residuales pues han sido usadas. Un concepto de importancia es el que indica que un residuo es algo que no tiene utilidad para un usuario, este es el caso de las aguas servidas pues las mismas no tienen un uso directo para la persona, así también se enfatiza en la distinción del término de aguas servidas y residuales, puesto que las primeras tienen su origen en el uso del agua dentro de los hogares, mientras la segunda a una mezcla de las primeras y aguas industriales, sin embargo un punto a considerar es que ambas se conducen por la red pública de alcantarillado sin tener ningún tratamiento, por lo que se deben tratar en un lugar apropiado como plantas de tratamiento de aguas, donde por tratamientos físicos, químicos y biológicos se debe mejorar su calidad.

2.1.3. Tipos de Agua Residual

Según **Jimenez (2016)**. Existen diferentes formas de denominar a las aguas residuales, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 01. Denominación del tipo de agua residual

TIPO DE AGUA	DEFINICIÓN	CARACTERÍSTICAS
Agua residual doméstica	Producida en las diferentes actividades al interior de las viviendas, colegios, etc.	Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones.
Agua residual municipal	Son transportadas por el alcantarillado de una ciudad o población.	Contiene materia orgánica, nutrientes, patógenos, etc.
Agua residual industrial	Las resultantes de las descargas de industrias.	Su contenido depende del tipo de industria y/o procesos industriales.
Agua negra	Contiene orina y heces.	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos.
Agua amarilla	Es la orina transportada con o sin agua.	Alto contenido de nutrientes, productos farmacéuticos, hormonas y alta concentración de sales.
Agua café	Agua con pequeña cantidad de heces y de orina.	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos
Agua gris	Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras	Tiene pocos nutrientes y agentes patógenos y por el contrario presentan máxima carga de productos para el cuidado personal y detergentes.

Fuente: Romero RJ. 2001.

2.1.4. Tratamiento primario

Mamani (2016) señala que los tratamientos primarios preparan las aguas residuales para su tratamiento biológico, eliminan ciertos contaminantes y reducen las variaciones del caudal y concentración de las aguas que llegan a la planta, esta etapa se encarga de la remoción de parte de los sólidos pesados (arenilla) que trabaja únicamente con las fuerzas de la gravedad, el tratamiento primario prosigue la reducción de sólidos disueltos, turbidez y parte de la materia orgánica, también es airear el agua y sedimentar partículas más finas que vienen con el agua (polvo y tierra), por otro lado también cumple la función de enviar un caudal de agua constante

a las demás unidades, es posible además la eliminación de una pequeña fracción de contaminación bacteriológica.

2.1.5. Tratamiento secundario

Arocutipa (2013) indica que el tratamiento secundario más común es un tratamiento biológico aerobio seguido de una decantación secundaria en un tratamiento biológico, las bacterias y otros microorganismos destruyen y metabolizan la materia orgánica solubles y coloidales, la DQO y la DBO a valores de 100 mg/l la velocidad de degradación depende de que se hallen presente los microorganismos adecuados.

Aunque la mayoría de las sustancias orgánicas se degradan, especialmente de origen natural, algunas de origen sintético son muy resistentes.

2.1.6. Tratamiento terciario

Arocutipa (2013), los tratamientos terciarios completan el tratamiento de las aguas residuales cuando se necesita una depuración mayor de la conseguida con los tratamientos primarios y secundarios, la filtración se utiliza para eliminar los sólidos que puedan haber sido arrastrados a la salida del decantador secundario, además de sus aplicaciones en tratamientos especiales. Como medio de filtración se puede emplear arena, grava, antracita, otro material adecuado, o una combinación de ellos. El pulido de efluentes del tratamiento biológico se suele hacer como capas de granulometría creciente, duales o de multimedia, 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.

2.1.7. Valores máximos admisible

Se considera como aquellos valores de los parámetros del agua, estos son fijados por la autoridad competente y son el producto de estudios que permiten afirmar que su

cumplimiento no tendra un impacto significativo en el ambiente, de manera que posteriormente puedan ser tratadas en otros sistemas, de manera que se garantice su uso posterior (Ministerio de Vivienda, 2019).

Tabla 02. Valores máximos admisibles para descarga de aguas residuales no domésticas (evaluados en el estudio).

PARÁMETRO	UNID	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAR AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	AyG	100

Tabla 03. Valores máximos admisibles para descarga de aguas residuales no domésticas.

PARÁMETRO	UNID	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAR AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/l	S ⁻²	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH ⁺⁴	80
Potencial Hidrógeno	Unidad	pH	6-9
Sólidos sedimentable	mg/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Se han considerado fuentes de información y definiciones de los siguientes términos, que han sido necesarios para la ejecución del trabajo de investigación.

2.2.1. Muestra puntual

Muestra de agua cuya toma se realiza en un punto específico, la cual debe cumplir con las condiciones apropiadas para su posterior análisis de laboratorio (Ministerio de Vivienda, 2019).

2.2.2. Aguas residuales

Becerril (2015), son aquellas aguas que tienen en su composición sustancias que no presentaban al inicio, esta mezcla de sustancias se producen como efecto del uso doméstico que se hace del agua, también puede tener un componente industrial, además se caracterizan porque son conducidas a través de la red de alcantarillado municipal. En algunos casos son denominadas también aguas negras por el color que puede tomar en este proceso, sin embargo existen ciertas distinciones sobre si solo son aquellas de origen en los hogares o si también tienen algún componente industrial, sin embargo todas circulan por la red de alcantarillado, además que se supone que posteriormente deberán ser tratadas por algún sistema primario o de mayor complejidad según su calidad. En general las aguas servidas deben tratarse con la finalidad de ser utilizadas para alguna otra actividad como el riego de cultivos o de parques y jardines, en países donde el desarrollo tecnológico lo permite incluso puede ser recirculadas pues tienen casi la misma calidad inicial.

2.2.3. Aguas no domésticas

Son aquellas aguas que al ser utilizadas en los hogares, se les ha incorporado otras sustancias propias de las actividades humanas y/o industriales, las mismas que se

descargan por el sistema de alcantarillado, las principales sustancias proviene de la higiene personal, elaboración de alimentos y desechos fisiológicos (Ministerio de Vivienda, 2019).

2.2.4. Balance hídrico

Es el punto de equilibrio del agua respecto al ingreso y salida de un sistema, se utiliza en el proceso de alguna actividad humana, para distinguir entre la calidad en un momento y otro, además como término de medida se incorpora al tiempo transcurrido (Ministerio de Vivienda, 2019)

2.2.5. Muestra dirimente

Se trata de una muestra adicional a la que se tomó inicialmente, su utilidad es la de servir como contraste en el caso de que existan objeciones a los resultados de los análisis de su calidad, este criterio se establece como una muestra para la resolución de conflictos señalado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Este tipo de muestra tiene sus especificaciones técnicas para los elementos que se analizaron en la muestra inicial, entre los que se debe señalar a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sulfuros (S-2), Nitrógeno Amoniacal (Nh+4), Potencial hidrógeno (pH), Sólidos Sedimentables (SS) y Temperatura (T) (Ministerio de Vivienda, 2019).

2.2.6. Procesamiento Primario

Comprende desde el cultivo hasta la generación de valor al producto, desde el beneficio hasta su posterior comercialización, este llega a ser un elemento fundamental en el desarrollo de la actividad acuícola de cara a que sea una actividad rentable y generadora de riqueza y divisas. (Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, 2015).

2.2.7. Agua potable

Es aquel tipo de agua que se caracteriza porque tiene las propiedades físicas, químicas y biológicas que son adecuadas para que la consuma el ser humano, en el planeta es la denominada agua dulce, que se encuentra distribuida en diferente proporción. Se caracteriza porque está formado químicamente por el hidrógeno y oxígeno, tiene la estructura de una molécula como expresión mínima de presentación. Tiene características particulares como su capacidad de encontrarse en estado líquido, sólido y gaseoso, sin embargo a diferencia del agua de los mares (salada) su cantidad es menor en el planeta, puesto que la mayor parte de ella se encuentra contenida en los glaciares en alrededor del 69%, mientras que otra parte importante se encuentra contenida en el subterráneo con alrededor del 30% y solo el 0.7% esta disponible en lagos y ríos para que las pueda utilizar el ser humano (Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, 2015).

2.2.8. Agua de proceso

Son aguas que son utilizadas en procesos industriales, tanto si se destinan a la generación de vapor (Lapeña, 1990).

2.2.9. Planta de Tratamiento

Es una instalación donde a las aguas residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgo a la salud y/o medioambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal) (Lorenzo, 2013).

2.2.10. Sanguaza

La sanguaza es un término usado para señalar el agua que se genera como producto del proceso de la materia prima (pescado), tiene en su composición principalmente la

sangre, con lo que presenta un componente proteico que se irá descomponiendo por la acción de las bacterias. El aumento de la temperatura ambiental en verano, acelera los procesos de descomposición tanto en las bodegas como en las pozas de almacenamiento con el desprendimiento de gas sulfhídrico H₂S (Chaux, 2009).

La sanguaza se genera por una pésima descarga de la materia prima, la altura que tiene las pozas, la talla del pescado, el tiempo y la temperatura de almacenamiento. (Landeo & Ruiz, 1996).

Para evitar la producción de sanguaza, la materia prima debe ser procesada inmediatamente para evitar su descomposición, permitiendo así el aprovechamiento de los sólidos y aceites que contiene. (Landeo & Ruiz, 1996).

Según Del Valle & Aguilera (1990) muestran las características físicas químicas de la sanguaza.

Tabla 04. Composición de la sanguaza

Parámetro	Valores
Sólidos totales	4.6 - 7.3 %
Grasa	0.8 - 1.2 %
Proteína total	2.2. - 4.4 %
DQO	93000 ppm
pH	6-9

Fuente: Del Valle y Aguilera (1990)

2.2.11. Agua de cola

El agua de cola es uno de los residuales del proceso productivo de una planta de harina de pescado, generado como un subproducto de la prensa. Se genera a partir del licor de prensa; son los sólidos solubles que se separan del aceite al centrifugar el licor de la separadora; su volumen y contenido cambian con la condición y tiempo del pescado. Cuanto mayor es el tiempo de captura, mayor será la cantidad de proteína y aceite que se liberen al agua de cola durante el prensado, el agua de cola puede representar hasta un 60% del peso de la materia prima y esta contendrá cerca de 8% a 10% de sólidos totales.

Si la materia prima se encuentra en malas condiciones, estas cifras se incrementarán. Actualmente los EIP recuperan estos compuestos para mejorar la calidad del producto y también para mejorar la eficiencia de las plantas. Sin embargo, es necesario indicar que también existen EIP que aún vierten este efluente al mar sin mayor tratamiento (Chaux, 2009).

El agua de cola es la parte líquida del licor de prensa. Este efluente contiene una gran cantidad de materia prima orgánica (Ministerio de la Producción, 2009).

La proporción de tonelada de pescado procesado y el agua de cola obtenida es de 2 a 1 respectivamente, el agua de cola contiene alrededor del 7 % de sólidos. (Cuesta et al., 2018).

2.2.12. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

El parámetro de contaminación orgánica más empleado, la DBO₅ a 5 días, la determinación del mismo está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica, la cantidad de oxígeno usado en la estabilización materia orgánica y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20°C), mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable (Ortiz, 1995).

2.2.13. Demanda Química de oxígeno (DQO).

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico dicromato o permanganato, por la materia oxidable contenida en el agua, y también se expresa en ppm de O₂. Indica el contenido en materias orgánicas oxidables y otras sustancias reductoras, tales como Fe⁺⁺, NH₄⁺ etc. las aguas no contaminadas tienen valores de la DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas con valores elevados de DQO, pueden dar lugar a interferencias en ciertos procesos industriales. Las aguas residuales

domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm. En las aguas residuales industriales la concentración depende del proceso de fabricación de que se trate, la relación entre los valores de la DBO y la DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor que 0.2 se interpreta como vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0.6 como orgánico (Lapeña, 1990).

2.2.14. Aceites y grasas (AyG)

Las grasas y aceites son aquellas que presentan compuestos grasos cuyo origen es animal o vegetal, su origen en el agua es cuando se realiza algún tipo de transformación de la materia prima como es el pescado, cuando se utiliza el agua para el lavado de esta materia la misma ya contiene grasa y aceite que posteriormente es desechada por el sistema de alcantarillado público, son perjudiciales porque forman películas que pueden impedir el paso de la luz, además de altera el color, sabor y apariencia del agua, restando calidad (Primo, 2007).

El aceite o petróleo en las aguas tiene efectos negativos para la flora y fauna de los ecosistemas acuáticos, porque disminuye la aireación del agua, dificulta la fotosíntesis al impedir el paso de luz.

Los aceites y grasas están compuestos de triglicéridos, que son ésteres de una molécula de glicerina que contiene tres ácidos grasos (Primo, 2007).

2.2.15. Sólidos suspendidos totales (SST)

Es un parámetro del agua, que mide la suspensión de partículas, para lo cual se utiliza un análisis que utiliza como referencia una porosidad de 2 μm o menos bajo condiciones específicas, este análisis tiene utilidad para evaluar la relación del agua y el suelo, puesto que la principal fuente suelen ser las partículas minerales que componen el suelo. Sin embargo, los sólidos suspendidos pueden tener también

otros orígenes, como en el caso de aguas servidas suelen ser de naturaleza orgánica, como puede ser la sangre en los camales u otros, su utilidad es para verificar si su presencia puede alterar procesos naturales como la fotosíntesis (Mamani, 2016).

2.2.16. Contaminación

Según el (MINISTERIO DE PESQUERÍA, 2001) es la presencia de cualquier materia objetable en el pescado o producto pesquero a causa de agentes patógenos microbianos, productos químicos, cuerpos extraños u otras materias indeseables que pueden comprometer la inocuidad o idoneidad del alimento”.

2.2.17. Contaminante

Cualquier agente biológico o químico, material extraño u otra sustancia presente en el pescado o producto pesquero que pueda comprometer su seguridad sanitaria y su idoneidad para el consumo como alimento (D.S. N° 040-2001-PE, 2001).

2.2.18. Tratamiento de efluente

Las fábricas o plantas deben instalar y operar sistemas de tratamiento de efluentes antes de su descarga o vertido a las redes públicas, ambientes naturales, en concordancia con lo establecido en las normas de protección ambientales (Ministerio de Pesquería, 2001).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis general

- La evaluación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata, cumplen con los Valores Máximos Admisibles establecidos en la normativa vigente.

2.3.2. Hipótesis específicas

- El sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL, su operación se encuentra operativo en un nivel óptimo.
- Los parámetros físico-químicos (AyG, DBO₅, DQO y SST), obtenidos de los reportes de monitoreo de las aguas residuales industriales del proceso de trucha, cumple con la normativa vigente (D. S. N° 010-2019-VIVIENDA).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Descripción del área de estudio

El Proyecto de investigación se ha realizado en la Planta de Procesamiento de Trucha del Titicaca Trout Perú SCRL, ubicado en la Panamericana sur Km 1 461.5 sector Faro, Distrito de Pomata, Provincia de Chucuito y Departamento de Puno, cuenta con vías de acceso pavimentado desde la ciudad de Juliaca.

Tabla 05. Coordenadas geográficas del proyecto

Puntos	LATITUD SUR			LONGITUD OESTE		
	G	M	S	G	M	S
Vértice A	16°	15′	22.2″	69°	17′	50.7″
Vértice B	16°	15′	22.4″	69°	17′	53.3″
Vértice C	16°	15′	21.5″	69°	17′	53.2″
Vértice D	16°	15′	21.5″	69°	17′	50.8″

Fuente: DIREPRO PUNO - 2017

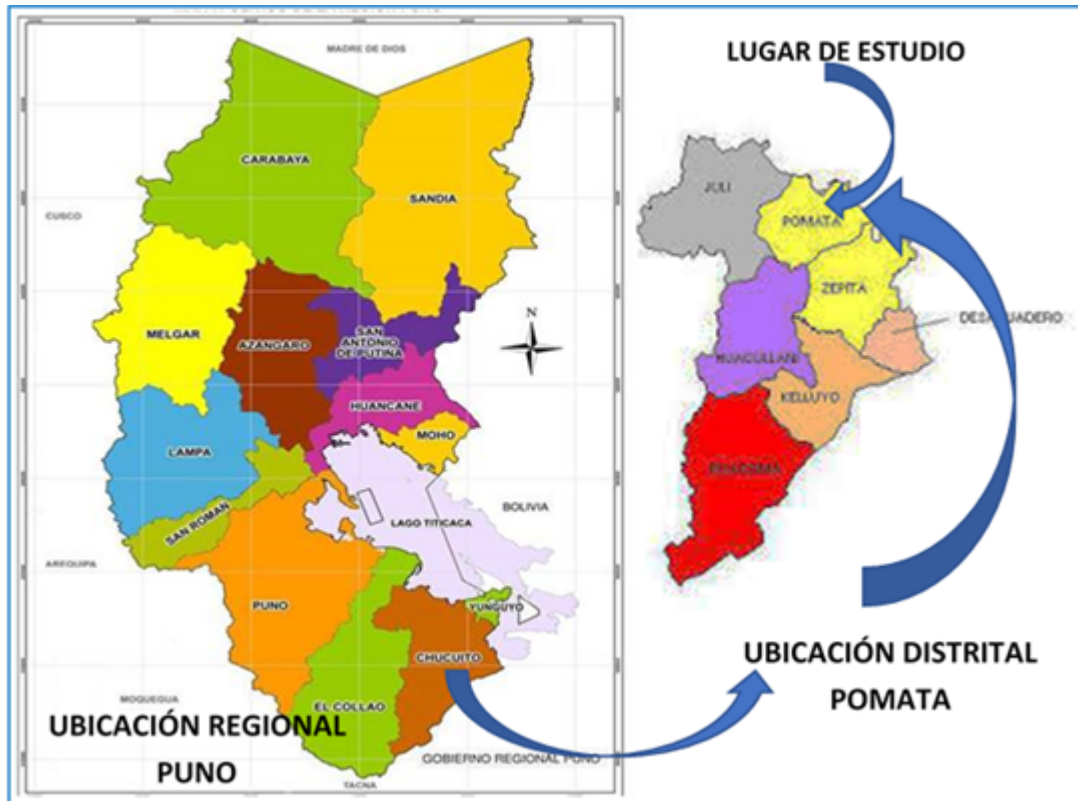


Figura 01. Mapa de ubicación del área de estudio

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. Población

La población es el m^3 de aguas residuales industriales (sanguaza) que genera la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titicaca Trout Perú SCRL.

La unidad de observación es el $m^3 \times 7$ días (1×7) = $7m^3/\text{día}$, por 10 días = $70 m^3$.

La unidad de observación es de 3×8 horas $\times 3$ días (1×8) = $8m^3/\text{día}$, por 3 días = $24m^3$.

3.2.2. Tamaño de muestra

De acuerdo al objeto de estudio de la población, el muestreo se realizó mediante el método muestral no probabilístico a criterio, se ha trabajado con toda la población, con un nivel de significancia $\alpha=0.05$, 5%, equivalente a un 95% de nivel de confianza.

Respecto al nivel de confianza utilizado como lo señala Dien, (2017) el nivel utilizado en investigación científica, es del 95%, implica que 95% de las muestras daría lugar a un intervalo que incluye, cualquier otro parámetro que se esté estimando y sólo 5% de las muestras producirá un intervalo erróneo.

La toma de muestra se ha realizado en dos puntos; en la sala de proceso durante el eviscerado de trucha (P1-AT) y en la zona de descargas del sistema de tratamiento de aguas residuales (P2-DT), se plantearon la recolección de muestras compuestas debido a que el flujo no es uniforme de manera que garantice una muestra representativa en el tiempo y lugar de recolección.

Las muestras se tomaron en hora de proceso de planta de 7:0 am a 16:30 horas.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. Materiales

Materiales utilizados en gabinete

- Laptop HP
- Memoria USB 32 Gb.
- Impresora
- Software (Word, Excel, Autocad 2010)
- Útiles de escritorio

Equipos y materiales utilizados en campo

- Wincha de lona 50 m.
- Recipiente 2.5 Lts.
- Cronómetro
- GPS Garmin
- Guantes quirúrgicos
- Frascos para muestras
- 01 Cooler
- Flexómetro
- Cámara fotográfica

Materiales utilizados en laboratorio

- Medidor multiparámetro
- Probeta de vidrio
- Acuario
- Difusor de aire
- Vasos de precipitación
- Matraz Erlenmeyer
- Bureta automática de 25 ml.
- Termómetro portátil

3.3.2. Metodología

Para realizar la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa Titikaka Trout Perú SCR, se ha realizado la información de reportes y monitoreo de efluentes generados durante la operación y funcionamiento de la Planta de Procesamiento de Truchas, se revisó los manuales de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Procedimiento Estandarizado de Saneamiento (POES) y los planes de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), y los procedimientos de los procesos productivos de la trucha fresca.

3.3.2.1. Características de la empresa

La empresa Titikaka Trout Perú SCR, cuenta con licencia de operación como Planta de Procesamiento Pesquero Artesanal, otorgado mediante la Resolución Directoral Regional N° 190-2019-GR-DIREPRO-PUNO, con constancia de verificación ambiental vigencia por un periodo de un (01) año, para desarrollar la actividad de transformación primaria y obtener producto, descabezado y eviscerado, fileteado, deshuesado, utilizando la especie trucha (*Oncorhynchus mykiss*) (DIREPRO, 2019).

La planta ha obtenido la constancia de verificación técnica ambiental, en virtud con a los compromisos ambientales, de acuerdo a lo establecido en el anexo VI del Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación Ambiental y debiendo cumplir el Decreto Legislativo N° 1278 con la disposición final de residuos sólidos de acuerdo a lo dispuesto en la ley de gestión integral de residuos sólidos y su reglamento (Dirección Regional de la Producción, 2019).

La empresa tiene instalada una capacidad de planta de 10 Tn de trucha por turno de 8 horas.

Tabla 06. Capacidad de producción de la planta

Tipo de producto		Unidad Medida	Cantidad	Turno/horas
Descabezado eviscerado	y	Tn	10	8
Fileteado		Tn	1.5	8
Deshuesado		Tn	8	8
Total			19.5	

Fuente: Resolución Directoral Regional N° 190-2019-GR-DIREPRO-PUNO

3.3.2.2. Descripción del proceso productivo

El proceso inicial desde la recepción y la evaluación de calidad de la materia prima a ser utilizada en la Planta de Procesamiento, el cual se describe a continuación (Montesdeoca, 2016):

Trucha Eviscerada

Recepción de materia prima

La materia prima (trucha) proveniente de centros de cultivos acuícolas habilitados, de las asociaciones dedicados a la truchicultura, es transportada en cubetas apilables de plástico capacidad de 30 litros, manteniendo bajas temperaturas, con la agregación de hielo en escamas, no se aceptan especies contaminados con hidrocarburos el cual será evaluado mediante análisis físico organoléptico por parte del responsable de control de calidad.

Al momento de la recepción de la materia prima el proveedor y/o productor presenta la declaración jurada de la ausencia de medicamentos prohibidos y sustancias contaminantes de la materia prima.

Se evaluó la presencia de parásitos en la trucha fresca, en las partes de la piel, branquias y el sistema digestivo básicamente, se realizará en el momento de la recepción de la materia prima, aquel lote que presente la presencia de parásitos será rechazado.

Eviscerado y lavado

Después de ser pesados, las cubetas son llevadas a las mesas de corte y eviscerado. En esta mesa se ubican las operarias que se encargan de cortar desde el poro genital hasta las branquias de cada trucha, colocándolas en las canaletas, de allí dos operarias por lado, cogen los peces y realizan la tarea, de quitar las vísceras y agallas respectivas, estos residuos son evacuados en tachos con tapa hermética que se dirigen al área de almacenamiento temporal de residuos, para luego eliminarlos.

Luego se procede al lavado de la trucha eviscerada con agua potable de flujo continuo con cloro, en donde se les extrae el riñón.

Por cada grifo va una operaria y por cada lado se ubican 5 grifos lo que totalizan 10 operarias.

Una vez limpia la trucha por completo las operarias las van colocando en la canaleta el cual traslada hasta la sala limpia, donde es recibido en cubetas previamente limpias hasta que se llenan.

Conteo y pesaje

Una vez lavada la materia prima, se procede al conteo de la misma, hasta que se alcance el peso de 10 kg por cubeta calada. Un operador se encarga del pesado con la balanza electrónica, al mismo tiempo que dicta al supervisor el peso y número de unidades.

El supervisor a su vez ha preparado las bolsas con anterioridad, pegando etiquetas que contienen fecha de producción y vencimiento, número de lote.

Una vez anotados los datos por el operario, se pasa la cubeta a la fase de desinfectado.

Segundo lavado

El segundo lavado se realizará en el tanque de lavado por inmersión en agua con cloro en concentración de 1 ppm.

El procedimiento consiste en medir la concentración de cloro que debe estar en 1ppm y luego es llenado la poza de lavado hasta el nivel marcado (80 lts aproximadamente), en caso que la concentración no esté en el rango se agregó cloro hasta tener la concentración adecuada.

Una vez preparada la concentración del lavado, se introducen a razón de dos cubetas caladas con trucha repitiendo la operación por tres veces, cada cubeta tiene un promedio entre 15 a 20 kg de trucha eviscerada, filete y deshuesada.

La trucha debe permanecer por un espacio de 5 minutos en contacto con la solución para que esta tenga su acción desinfectante, pasado este tiempo se retira la cubeta de la poza y pasa a la siguiente etapa.

Embolsado

Las operarias acomodan la trucha en capas, la estiba se realiza en la forma cabeza-cola de tal manera que una trucha tiene la cabeza hacia un lado y la otra hacia el otro lado, quedando la cabeza de una junto a la cola de la otra. La estiba se lleva a cabo de forma que están apoyadas por la parte ventral.

Se acomoda de esta manera en la bolsa hasta que entren los 10 kg completos, una vez acomodada la trucha se cierra la bolsa y es colocada en las cubetas donde se agrega hielo en escamas hasta que cubra en forma completa la bolsa.

Despacho o envío

Las cubetas son llevadas a la cámara isotérmica son apiladas hasta una altura de 6 cubetas como máximo, la temperatura de la cámara debe de estar entre los rangos de 0 a 4.4°C a fin de que el producto se conserve de manera óptima.

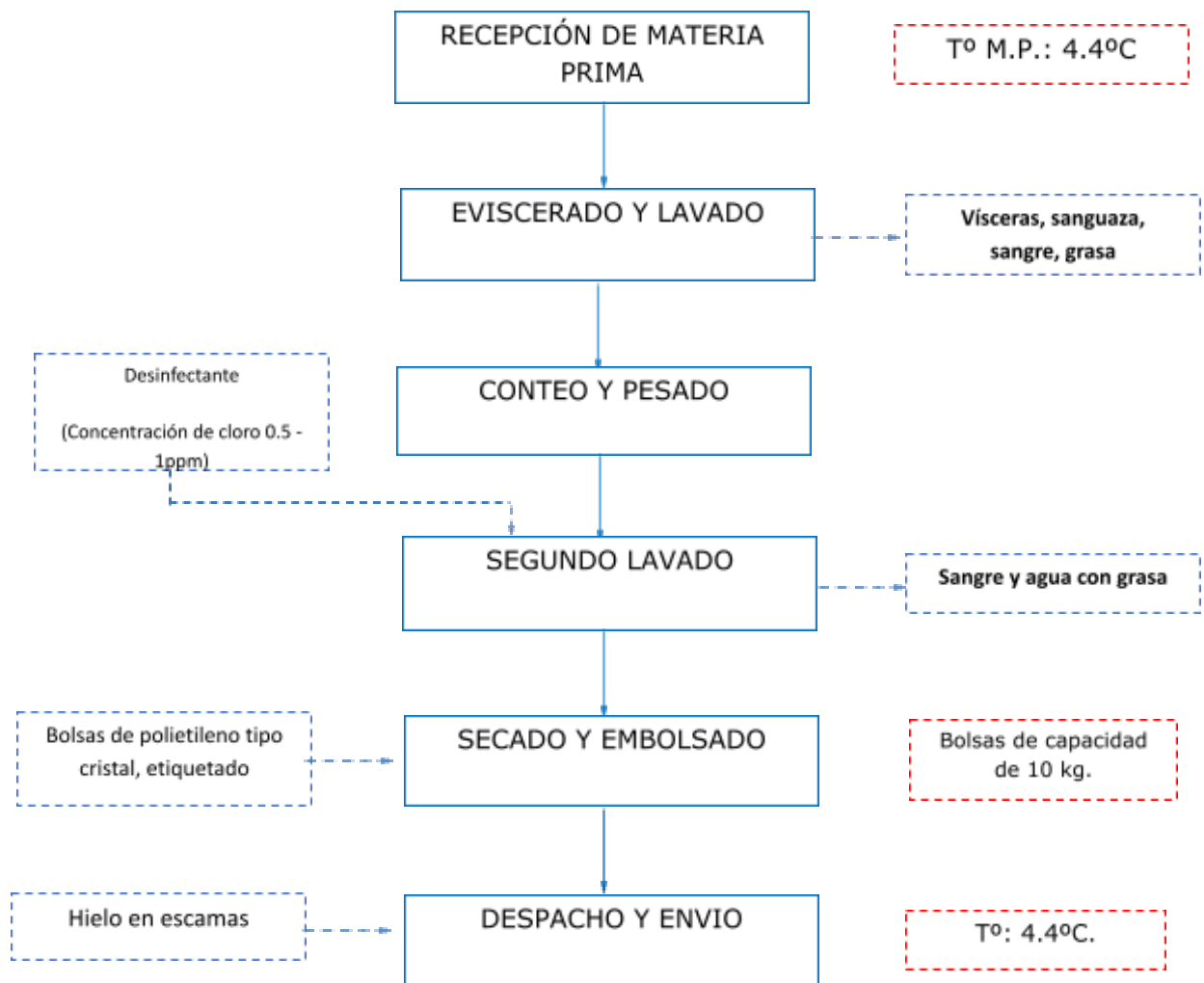


Figura 02. Diagrama de flujo del proceso de trucha entera eviscerada

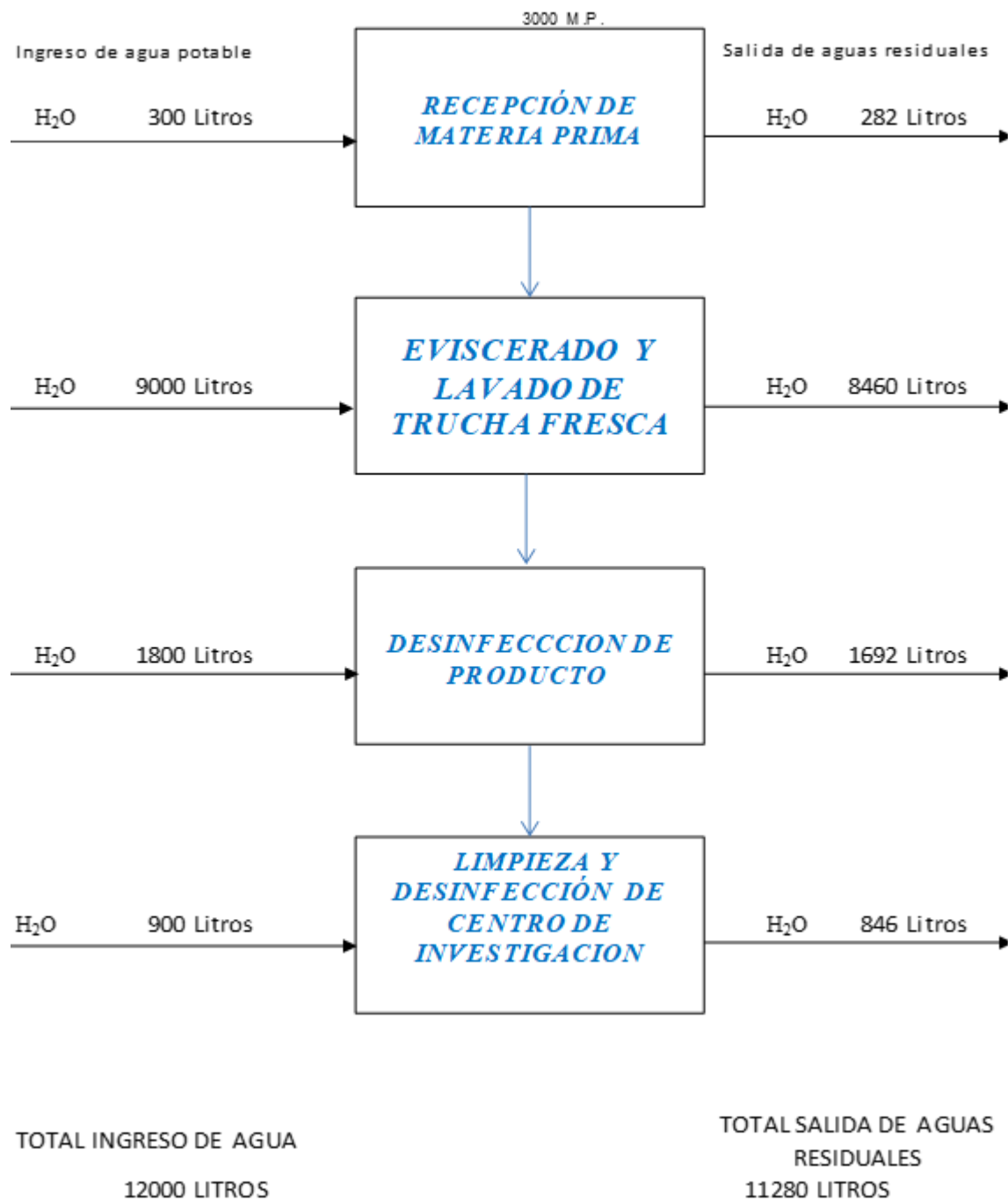


Figura 03. Balance hídrico Balance hídrico para proceso de trucha fresca

3.3.3. Diagnóstico y descripción de sistema de tratamiento de efluentes

La planta de procesamiento de truchas de la empresa Titikaka Trout Perú SCR, cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales nivel primario desde el año 2017 (TITIKAKA TROUT, 2017), la planta cuenta con dos líneas de aguas residuales:

3.3.3.1. Efluentes generados en la planta de procesamientos

Las aguas residuales que se generan en la planta son de tipo doméstico e industrial, los de tipo doméstico son vertidos directamente al sistema de alcantarillado sanitario de la Municipalidad de Pomata.

Las aguas residuales industriales que se generan por el proceso de la trucha, cuentan con un sistema de tratamiento es de tipo primario (rejillas, trampa de grasa, etc.), seguido de la instalación de pozas de sedimentación, filtros con la finalidad de reducir las concentraciones de sólidos, grasas y aceites el cual vienen siendo vertidos al sistema alcantarillado de la municipalidad.

Tabla 07. Efluentes industriales y domésticos

Tipo de efluente	Volumen diario (m ³)	Volumen anual (m ³)
Efluentes industriales	11.28	541.44
Efluentes domésticas	0.3	14.4
Total	11.58	555.84

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 08. Efluentes industriales generados por etapas

Actividad	Volumen diario (m ³)	Volumen anual (m ³)	Porcentaje (%)
Limpieza de materia prima y proceso	10.5	126	93%
Limpieza de la planta de procesamiento	0.78	9.36	7%
Total	11.28	135.36	100%

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.2. Tratamiento preliminar – canaletas.

Las canaletas tienen una sección transversal de 0.15 a 0.20 m x 0.10 m, teniendo una variación de acuerdo a la pendiente y recorrido que tiene, el cual está instalado en sala de proceso de alto y bajo riesgo. El ancho de la rejilla es de 5 mm y la separación de 8 mm, lo que posibilita el cribado del agua residual de procesos, reteniendo los sólidos, recortes, espinas, grasa, etc. El cual a partir de un registro es vertido a la trampa de grasa.

3.3.3.3. Tratamiento primario – trampa de grasa

Dicho componente consiste de dos cámaras, cada una con las siguientes dimensiones siguientes: la primera 1.22 m x 0.80 x 0.40 m de profundidad útil, mientras que la segunda incrementa el largo hasta 1.86 m, totalizando un volumen de tratamiento de 1.0 m³.

En la Trampa de grasas, las aguas residuales provenientes de la Planta ingresan mediante una tee sanitaria simple de PVC de 4", una vez ingresada en la trampa de grasa, mediante el proceso de flotación gravitacional quedan suspendidas y retenidas en la superficie del líquido la mayor cantidad de grasas y aceites disueltas

en las aguas residuales. También quedan retenidas la mayor cantidad de sólidos suspendidos y sólidos sedimentables. La trampa de grasa posee una altura de 0.40 m por encima del nivel máximo de desagüe para la acumulación de grasas que se generan.

La estructura de soporte es de concreto armado, tanto el fondo como las paredes internas son revestidas con mortero de cemento y arena, con acabado pulido para facilitar su limpieza.

3.3.3.4. Cámara de sedimentador primario

Luego del tratamiento primario en la trampa de grasas, el efluente es descargado hacia la cámara de sedimentación, en esta etapa sigue la separación de las grasas que suben intensamente hacia la superficie, donde las bacterias las descomponen volviéndose gas, líquido o lodo pesado que cae al fondo.

El proceso de sedimentado es un proceso físico en base a las diferentes densidades, entre el agua y las partículas suspendidas, puesto que los sólidos de mayor peso tienden a precipitarse (Jaramillo, 2005).

3.3.3.5. Disposición final de descarga

Luego del tratamiento de las aguas residuales de origen industrial, generadas al interior de la Planta de Procesamiento Primario de Trucha, es descargado, a través de una tubería de PVC de 4" de diámetro, hacia el sistema de alcantarillado sanitario de la Municipalidad.

Tabla 09. Características físico químicas de la sanguaza

Parámetro	Valores
Sólidos totales	4.6 - 7.3 %
Grasa	0.8 - 1.2 %
Proteína total	2.2. - 4.4 %
DQO	93000 ppm
pH	6-Set

Fuente: Del Valle y Aguilera (1990)

3.3.3.6. Caudal de diseño

El sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales provenientes de la Planta de Procesamiento Pesquero Artesanal, tiene un caudal de consumo de 2.6 l/seg. que se puede apreciar a continuación:

Tabla 10. Consumo de agua por actividades en el Proceso de la Planta

Tipo de producto	Capacidad de producción (Tn)	Consumo de agua estimado (m ³ /día)	Caudal del consumo de agua (l/seg)
Descabezado y eviscerado	10	29.14	1.8
Fileteado	1.5	5.64	0.4
Deshuesado	8	2.82	0.4

Caudal diseñado	19.5	37.6	2.6
-----------------	------	------	-----

Fuente: DIA 2019, de la Planta de Procesamiento Artesanal de Trucha

Cabe precisar que la planta pesquera no cuenta con una producción continua, esta depende del pedido del mercado (Supermercado). Por lo que el agua de consumo estimado (19,500 l/día), corresponde al caudal máximo de un solo día trabajado.

3.3.4. Aspectos ambientales

Calidad de agua

Los parámetros fisicoquímicos no superan los Estándares nacionales ni los Estándares internacionales de referencia, entre ellos podemos mencionar: Aceites y grasas, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Nitrógeno amoniacal, Potencial de hidrógeno y Sólidos suspendidos totales.

El proceso de transformación de la trucha requiere de una serie de etapas, los mismos que son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 11. Etapas del proceso de trucha y sus aspectos ambientales

Actividad	Aspectos ambientales
Recepción de materia prima	Efluentes
Lavado I	Efluentes
Eviscerado	Efluente-Sanguaza
Lavado y limpieza	Efluentes
Fileteado y/o deshuesado	Residuos y descarte

Pesado	-
Lavado II	Efluentes
Embolsado	-
Encubetado c/hielo	-
Despacho	-
Lavado de equipos y utensilios	Efluentes
Limpieza de la planta	Efluentes

3.3.5. Determinación de parámetros de evaluación

Según la Declaración de Impacto Ambiental – DIA del 2017, presentado ante la Dirección Regional de la Producción – DIREPRO Puno, la empresa Titicaca Trout Perú SCR se basa a la normativa D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA, en donde se especifica que lo señalado tiene la finalidad de conservar la infraestructura de alcantarillado, promoviendo el tratamiento de las aguas previo a su paso por la misma, además de que las mismas presenten las condiciones mínimas para un posterior tratamiento en plantas municipales, con lo cual también se espera que el riesgo del personal se minimice, por la disminución de posibles cargas tóxicas sobre todo en aguas de origen industrial.

Tabla 12. Parámetros físico químico según D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA

Parámetros	Unidad	Simbología	D.S. N° 010-2019-VIVIENDA
Aceites y grasas	mg/l	A y G	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos suspendidos totales	mg/l	S.S.T.	500

3.3.5.1. Determinación de los puntos de muestreo**Tabla 13.** Número de datos de cada parámetro durante el periodo de estudio

PARÁMETRO	2/11/2020	16/11/2020	30/11/2020	Total
DBO5	3	3	3	9
DQO	3	3	3	9
AyG	3	3	3	9
SST	3	3	3	9
TOTAL	12	12	12	36

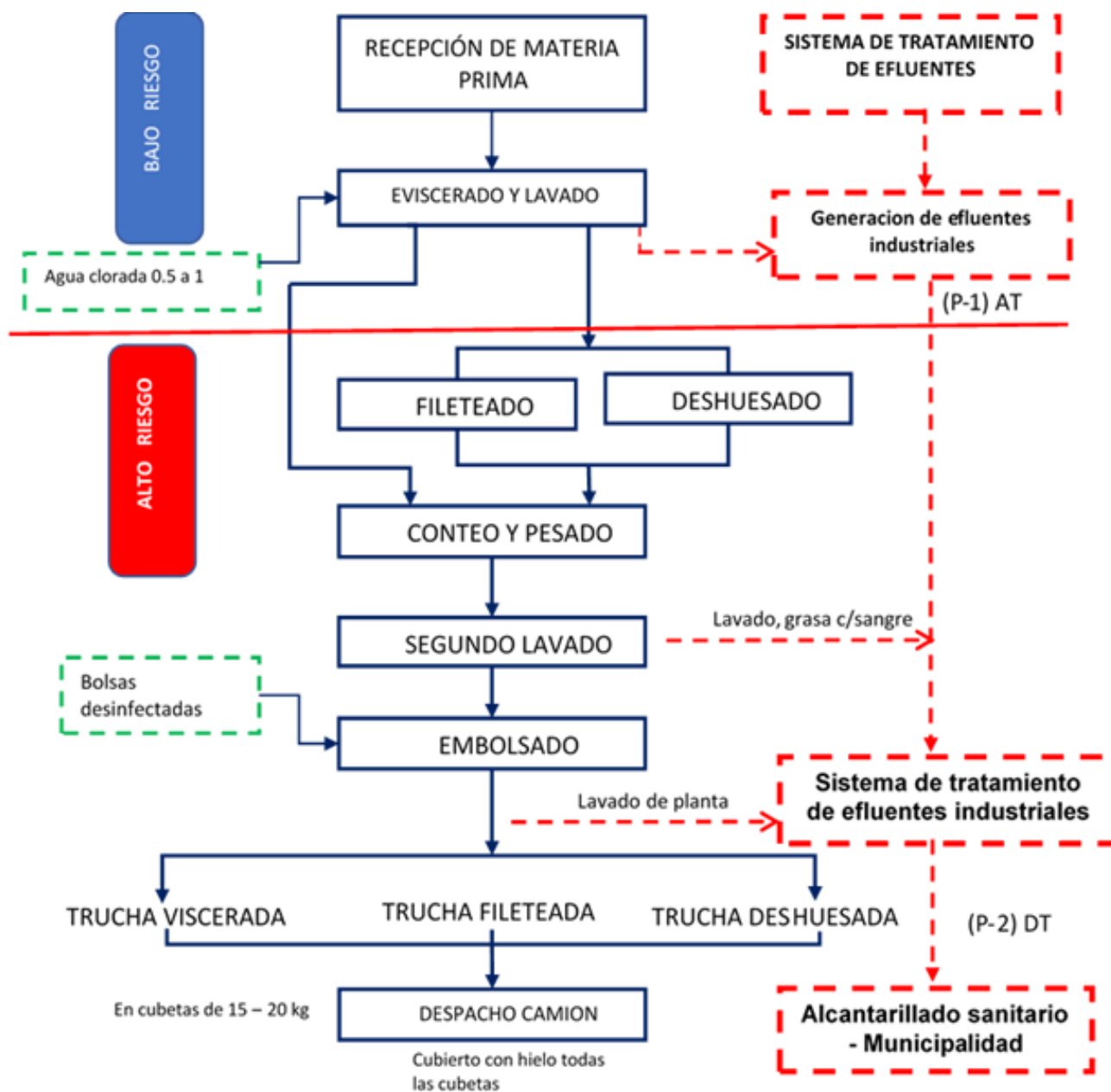


Figura 04. Riesgo de contaminación según momento del proceso de transformación primaria

3.3.5.2. Determinación de Aceites y Grasas (A y G)

Equipos

- Extractor Soxhlet BÜCHI B-810.
- Bomba de vacío.
- Cabina extractora.
- Balanza analítica.
- Horno de secado
- Rotavapor (para la recuperación del solvente)
- Desecador.

Reactivos

- Ácido clorhídrico, HCl concentrado.
- Hexano.
- 10 g de la tierra de diatomea.
- Aceite.

Materiales

- Embudo Buchner.
- Papel filtro Whatman N° 40.
- Discos de muselina.
- Piseta.
- Beaker 50 mL
- Bagueta.

Procedimiento

- Se realizó el aforamiento en la botella, con marcado nivel de muestra.

- Se adiciona la muestra en forma continua, mediante la utilización de la bagueta de vidrio, se buscó perder la mínima cantidad de muestra por el rebose.
- Se filtró tanto el blanco como la muestra, mediante el uso del medio filtrante, además apoyándose con el uso de una bomba de vacío, mediante lecho de filtración.
- Se buscó que en ningún momento la muestra rebase el borde del medio de filtración.
- Se procedió a doblar el filtro y trasvasar.
- Cuando se realice este paso, luego se debe someter tanto la varilla como el dedal a temperatura de 103°C durante media hora.
- La muestra se traslada al extractor Soxhlet.
- Previamente se debe pesar los vasos ha utilizarse en la extracción.
- Los recipientes utilizados se deben limpiar con solventes de manera de extraer la totalidad de la muestra, buscando extraer lo que suele adherirse a las paredes.
- Se procedió a aforar la sustancia solvente hasta 180 ml del vaso. Luego se trasladó el vaso a una plancha para calentar.
- Se realizó el sellado del vaso de manera hermética, hasta lograr que el indicador de la palanca quede en posición cerrada (closed).
- Se conectó el contenedor de aceite, se debe verificar que la temperatura alcance los 110 °C.
- Se procedió a extraer la muestra por un tiempo de 4 horas, iniciando en el sifón del equipo.
- Cuando se finalizó la extracción se abrió el paso de la válvula hasta la posición de open.

- Se apagó el equipo, desconectando el baño de aceite, utilizar el flujo de agua para enfriar el equipo.
- Retiramos los vasos con contenido de grasa, con el cuidado de no tocar los vasos con las manos empleando pinzas de sujeción.
- Los vasos fueron trasladados a la cabina de extracción, eliminando los residuos del solvente restante.
- Se puso las muestra en el desecador por un tiempo de 30 minutos.
- Se realizó el pesado de la muestra.

Cálculos

Para el cálculo se utilizaron los pesos del vaso usado en la extracción, que es el contenido de grasa y aceite.

$$GyA,mg/L = \frac{(pf - pi)}{V} * 10^6$$

Donde;

Pf = peso final g.

Pi = peso inicial g.

V = Volumen ml.

3.3.5.3. Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Equipos

- Medidor de oxígeno.
- Balanza analítica
- Incubador..

Reactivos

- Agua destilada.
- Solución tampón de fosfato, solo para utilizarse si se presentara algún crecimiento biológico.
- Solución de sulfato de magnesio, solo para utilizarse si se presentara algún crecimiento biológico.
- Solución de cloruro de calcio
- Solución de cloruro de hierro (III), para ser utilizado únicamente cuando se verifica crecimiento biológico.
- Ácido Sulfúrico 1 M., la cual se vertió en un vaso Beaker en una cantidad de 300 ml, el cual contenía agua destilada, se añadió el ácido sulfúrico hasta aforar a 1 litro.
- Hidróxido de Sodio, para su preparación se utilizó 40 g de hidróxido diluidos en 1 litro de agua bidestilada.
- Solución de glucosa

Materiales

- Botellas de material polipropileno de capacidad de 2 litros.
- Botellas Winkler de aforo de 300 mL de capacidad
- Botellon con llave de 20 L de capacidad.
- Espátula.
- Balón de vidrio con aforo de 1 litro (calidad A)
- Balones de vidrio de 100 ml
- Pipetas
- Pipetas graduadas de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100 mL boca ancha.
- Probetas de 250, 500ml.

Procedimiento

- Se realizó el cálculo de la muestra inicial requerida, mediante la cantidad de diluciones que se deben efectuar, se agitó esta muestra hasta conseguir la homogeneidad completa y trasladar a un vaso Beaker, se buscó que el pH se mantenga estable entre 6.5 y 7.5.
- Se dispuso cuatro botellas Winkler
- Se rotulan las botellas con los códigos respectivos, en forma clara se identifica la fecha de la muestra, se sigue el principio de dilución de muestras para la cantidad necesaria.
- Se registró en el formato TF 0025 el volumen real de la botella Winkler impreso en la botella usada.
- Se adiciona en cada botella una cantidad adecuada en cada botella, de ser necesario una dilución se realizó la misma, utilizando un balón y se agitó la muestra de cada una de ellas.
- Se adiciona 2 mL de cepa.
- Se añadió el agua hasta lograr el volumen de la parte media de la botella, para que se pueda realizar la medición con el electrodo.
- Se realizó la medición de las cuatro botellas, se debe buscar que no exista intercambio del oxígeno con la superficie.
- Registre los datos en el formato e incube a $20^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$ por cinco días.
- A los cinco días de incubar las muestras, se realizó otra medición del oxígeno restante.
- Se calculó la DBO_5 con los resultados obtenidos.

Cálculos

Se realizó los cálculos por medio de la ecuación:

$$DBO_5, \text{mgO}_2/\text{L} = \frac{(\text{OD consumido} - \text{OD consumo cepa}) * V}{V_m}$$

Donde:

OD: consumido: $OD_i - OD_r$

OD: consumo cepa: OD_i (agua de dilución + cepa) – OD_r (agua de dilución + cepa)

V = Volumen de la botella Winkler, que el valor promediado es de 293 ml.

V_m = Volumen de alícuota de la muestra afectado por el factor de dilución.

3.3.5.4. Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Equipos utilizados

- Una bureta digital.
- Agitador magnético
- Bureta de vidrio con capacidad de 10 mL, con una exactitud de 0.02 mL de precisión..
- Bureta de vidrio con dispensador con un aforo de 50 mL y una precisión de 0.1 mL.
- Balanza analítica.
- Equipo Microdigestor para analizar, con un termostato incorporado para mantener 150°C.

- Un equipo de Termo Reactor para DQO con termostato para mantener la temperatura a 150°C.

Reactivos

- Agua ultrapura
- Solución de digestión 0,0167 M ó 0.1 N:
- Ácido sulfúrico
- Solución de indicadora de ferroína
- Ftalato ácido de potasio (KHP) estándar
- Solución titulante de Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado (0.4N)
- Solución titulante de Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado (0.1N)
- Solución de digestión, 0,04175 M ó 0.25 N
- Solución de digestión, 0,004175 M ó 0.025 N

Materiales

- Balones de vidrio con aforo de 50 mL.
- Erlenmeyers con capacidad de 125 mL.
- Pipetas de vidrio de diferentes capacidades.
- Pipetas automáticas con capacidad de volumen de carga de 5 y 10 mL.
- Probetas de vidrio de capacidad de 50 mL.
- Transferpipeta de 10 mL
- Pipeta Pasteur.
- Espátula pequeña.
- Micropipeta de capacidad de 1000 µL
- Material de tubos de digestión borosilicatados, con tapa de rosca y empaque de seguridad de teflón, diseñados para soportar temperaturas de hasta 200°C.

- Tubos de digestión, de vidrio borosilicato, de 25 × 150 mm, con tapa rosca con empaque de Teflón y que soportan temperaturas hasta de 200°C.

Procedimiento

Digestión de la muestra

- Se precalienta el digestor una por una hora antes de colocar las muestras para mantener constante 150 °C.
- Preparación de blancos: Transfiera una alícuota de 2,5 mL de agua ultrapura en un tubo de digestión, adicione 1,5 mL de solución de digestión y 3,5 mL de reactivo de ácido sulfúrico (este reactivo debe ser dispensado gota a gota por la pared del tubo. Tape herméticamente los tubos, agitar varias veces, sin invertir.
- Prepare 6 tubos como blancos, 3 de ellos colócalos en digestión junto con las muestras y los otros 3 déjelos sin digerir, para valorar la concentración del FAS.
- Tratamiento de la muestra. Agite vigorosamente la muestra, transfiera a un tubo de digestión, 2,5 mL de muestra, agregue cuidadosamente 1.5 mL de solución de digestión y 3,5 mL de reactivo de ácido sulfúrico por la pared del tubo de tal manera que se forme una capa de ácido debajo de la mezcla de muestra y solución digestora. Tape herméticamente y agitar, si la muestra presenta coloración verdosa o azul, indica que se encuentra fuera de rango de lectura, repite el procedimiento utilizando dicromato de potasio 0,25 N, titula con sulfato ferroso amoniacal. Tenga en cuenta las precauciones.
- Verifique el tipo de muestra, cuando ésta corresponda a un adicionado recuerde medir el volumen antes de iniciar el análisis y regístrelo en el formato y en el envase.

- Se colocó las muestras en los tubos, así también los que corresponden a los blancos, la distribución de los tubos se debe realizar de manera aleatoria en cada compartimiento. del equipo. La temperatura para el inicio de la digestión debe verificarse que se encuentre a 150 °C, el tiempo de digestión de la muestra debe ser de 2 horas, luego de él mismo los tubos se extraen y enfrían en las gradillas.
- Se transfirió cuantitativamente el contenido de cada tubo a un erlenmeyer de vidrio marcado previamente con el número de muestra, así como del blanco o control.

Valoración del titulante

- Para la lectura de los resultados se debe tomar la misma en todos los tubos analizados, toda la muestra debe de transferirse en su totalidad a un erlenmeyer de capacidad de 300 mL, en este proceso se debe realizar un lavado hasta conseguir la totalidad de la muestra, luego se adiciona las dos gotas del indicador ferroína y proceder a su homogeneización con el agitador magnético.
- Se procedió a realizar la titulación con el FAS aprox 0,04 N (si usó dicromato 0.025 N ó 0.10 N) o aprox. 0.10 N (si usó dicromato 0.25N). Se debe verificar el punto de titulación por el viraje de color que era inicialmente azul verodos hasta conseguir un café rojizo.

Cálculos

$$\text{DQO como mg O}_2/\text{L} = \frac{(A-B) \times N \times 8 \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A = Promedio de mL de FAS utilizado para los blancos digeridos

B = mL de FAS utilizado para la muestra

N = Normalidad del FAS

8 = Peso equivalente del Oxígeno.

3.3.5.5. Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)

Procedimientos de laboratorio

Preparación del filtro

- Se procedió al lavado de las membranas a utilizarse para tener la seguridad de la no presencia de alguna partícula restante, se deben secar los mismos por un tiempo de 30 minutos en un horno manteniendo la temperatura a 104 grados centígrados, luego de este proceso se debe sacar las membranas en un desecador y se procedió a su pesaje, este paso se realiza por varias veces hasta obtener un peso constante.
- Se hizo el filtrado de la muestra en volumen de 100 mL, para lo cual se utilizó los filtros ya secados.
- Poner cada filtro en su propio recipiente de aluminio y secar cada uno en un horno por una hora a 104 °C. Enfriar el filtro y el recipiente en un desecador y pesar.
- Se repitió todo el proceso hasta obtener un peso promedio constante y se obtiene el valor de los TSS.

Cálculos

$$\text{TSS mg/L} = \frac{(\text{peso promedio después de filtrar en g} - \text{peso promedio antes de filtrar en g})(1000\text{mg/g})}{\text{Volumen de muestra de agua en L}}$$

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. Variable de estudio

- Parámetros físicos y químicos de los efluentes: propiedades del agua respecto a sus características observables .(físicas) y de su composición (químicas).

Tabla 14. Operacionalización de variable

Variable	Dimensión	Indicador	Índice	Método
Parámetros físicos y químicos	Físicos	Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	Análisis de laboratorio de aguas.
	Químicos	A y G	mg/l	
		DBO ₅	mg/l	
		DQO	mg/l	

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico se realizó mediante la utilización del análisis comparativo, mediante la utilización del método paramétrico, mediante la prueba de T de Student para una muestra, el mismo que permite comparar un conjunto de valores contra un valor de referencia (valor permisible del efluente), siguiendo la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

\bar{X} : media muestral

S: desviación estándar muestral

μ_0 : Valor de referencia

Para la evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas se utilizó la prueba estadística de Chi cuadrado de homogeneidad con un 95% de confianza, se comparan los valores observados de eficiencia contra lo esperado por un sistema eficiente de tratamiento.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1. Diagnóstico de las concentraciones de los parámetros físico-químicos.

Tabla 15. Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

Parámetros	Unidad	Muestra (DT-1)	Muestra (DT-2)	Muestra (DT-3)	Promedio	D.S. N° 010-2019-VIVIENDA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	770	775	725	756.67	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	3.81	18.2	5.29	9.10	1000
Aceites y grasas	mg/l	20.7	57	45.6	41.10	100
Sólidos suspendidos totales	mg/l	0.99	100	130	77.00	500

Fuente: Resultados de BHIOS laboratorios - Arequipa

En la Tabla 15, se observa que para las aguas del efluente la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) presenta un valor promedio de 756.67 mg/l, el mismo que supera el valor establecido por la normatividad vigente para este tipo de agua. En el caso de la Demanda Química de Oxígeno el promedio fue de 9.10 mg/l y no supera el límite permisible, los Aceites y Grasas del agua fueron en promedio 41.10 mg/l y no superan

el valor normado. Los Sólidos Suspendidos Totales fueron en promedio 77 mg/l y no superaron el valor normado.

De los resultados del análisis del agua del efluente de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL, se determinó que la Demanda Bioquímica de Oxígeno supera el valor permisible, el resto de parámetros se encuentran por debajo de lo establecido.

Tabla 16. Prueba de T de Student para comparar los valores obtenidos de las aguas residuales industriales y el límite permisible en la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

Parámetros	T calculado	T crítico	G.L.	Probabilidad	Interpretación
Demanda Bioquímica de Oxígeno	16.144	-2.92	2	0.998	No cumple
Demanda Química de Oxígeno	-216.826	-2.92	2	0.0001	Si cumple
Aceites y grasas	-5.496	-2.92	2	0.016	Si cumple
Sólidos suspendido totales	-10.852	-2.92	2	0.004	Si cumple

Fuente: Resultados de laboratorio (GL: grados de libertad)

El análisis estadístico determinó que en tres de los cuatro parámetros evaluados (Demanda Química de Oxígeno, Aceites y grasas, Sólidos suspendido totales) si se cumple con los Valores Máximos Admisible establecidos en la normativa vigente para este tipo de agua, mientras que para la Demanda Bioquímica de Oxígeno los valores no cumplen con dicha normatividad.

Las pruebas de hipótesis estadística indican un cumplimiento del 75% de los parámetros con la normatividad y 25% de incumplimiento, con lo cual se acepta la hipótesis general planteada en el estudio.

Al respecto Montesdeoca (2016) señala que la generación del agua residual evidenció un mal uso, manejo inadecuado de las instalaciones hídricas, indica que los valores de

la Demanda Biológica de Oxígeno supera lo establecido, de manera similar en nuestro estudio determinamos que este parámetro supera lo establecido en la normatividad vigente para las tres muestras de agua del efluente, lo cual se debe a la alta carga orgánica que presenta, el tratamiento se podría mejorar mediante la utilización de algún tratamiento posterior, como por ejemplo el uso una fuente de bacterias del lodo activado de retorno.

En el mismo sentido Chacha (2016) enfatiza que los parámetros DQO y DBO₅ son valores altamente elevados debido a la gran carga orgánica del vertido y la relación entre ellos demuestra que el vertido es de naturaleza biodegradable, coincidiendo con lo hallado en nuestro estudio, también este aspecto es reconocido por Cusiche & Miranda (2019) al concluir que altos valores de DBO₅ en descargas de aguas afectan a especies de flora y fauna endémica y en general todo el ecosistema.

Murillo (2018) concluye que la tecnología de lodos activados de la planta de tratamiento de agua residuales presenta una eficiencia de remoción por encima del 97%, sin embargo recomienda adicionar un tratamiento anaerobio debido a las altas cargas orgánicas de sus afluentes, esta recomendación sería también aplicable a nuestro estudio al verificarse un alto valor de la DBO₅.

4.1.2. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha.

Tabla 17. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

Parámetros	Sala de	Efluente	Diferencia	Porcentaje
	Proceso			
	Promedio	Promedio	Promedio	Eficiencia (%)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	821.33	756.67	64.67	7.87
Demanda Química de Oxígeno	8.60	9.10	-0.50	-5.85
Aceites y grasas	548.10	41.10	507.00	92.50
Sólidos suspendidos totales	518.33	77.00	441.34	85.15

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 17, se muestra la evaluación de tratamiento de aguas industriales en el procesamiento de la planta de trucha, para la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un 7.87% de eficiencia de reducción, para la Demanda Química de Oxígeno se tuvo -5.85% es decir el tratamiento es ineficiente para este parámetro, para Aceites y grasas se tiene un 92.50% de reducción indicando que el tratamiento es eficiente, para los Sólidos suspendido totales se determinó 85.15% de eficiencia de remoción.

De los resultados de eficiencia de tratamiento de agua, se tiene que el sistema consigue remover los aceites y grasas y sólidos suspendidos totales en más del 85%, sin embargo su eficiencia es menor para DBO5 con solo 7.87% de eficiencia y no es eficiente para la Demanda Química de Oxígeno.

Al respecto Quevedo (2016) concluye que el tratamiento de aguas ha reducido notablemente la carga de contaminantes del efluente de la Empresa Pesquera Pelayo SAC, en lo que se refiere a las variables aceite y grasa, sólidos suspendidos totales,

estos resultados se corresponden con lo obtenido en nuestro estudio, donde la eficiencia de remoción de estos dos parámetros fue alta.

Así mismo Castro (2017) concluye reportando altos índices de DBO₅, cuyos valores sobrepasan los valores máximos admisibles para la descarga del efluente, recomienda el uso de Sulfato de aluminio al 1% con lo cual se logra disminuir de manera significativa la DBO del agua del efluente, esta consideración también sería aplicable a nuestro estudio, si bien se puede considerar como una alternativa al tratamiento biológico.

También Otiniano (2016) concluye que el efecto del proceso de coagulación floculación en condiciones óptimas se obtuvo el mayor porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos de 83.66%, en nuestro estudio con el tratamiento de aguas se evidenció que se obtiene una buena remoción de este parámetro.

Tabla 18. Prueba de Chi cuadrado para evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

Eficiencia de tratamiento	Observado (%)	Esperado (%)	Chi cuadrado calculado	G.L	Chi cuadrado crítico	Probabilidad (p)	Interpretación
Eficiente	50	100	25	1	3.84	0.0001	Ineficiente
Ineficiente	50	0	-	-	-	-	-

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 18 se observa que los cuatro parámetros evaluados en dos el tratamiento es eficiente (reduce significativamente su concentración), mientras que en los restantes dos parámetros no muestra eficiencia (no reduce los mismos), por lo que al comparar el porcentaje de eficiencia (50%) con lo esperado por un buen sistema (100%), se

obtuvo mediante la prueba de Chi cuadrado que existe diferencia significativa ($p=0.0001$), concluyendo que el sistema de tratamiento es ineficiente.

De los resultados se interpreta que el tratamiento de las aguas del efluente de la planta de procesamiento de trucha, no presenta eficiencia para disminuir la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, pues se requeriría implementar procesos adicionales para disminuir la carga orgánica del agua del efluente. Por lo que la hipótesis planteada inicialmente es rechazada.

En otro estudio Callata (2014) concluye que el sistema de tratamiento no está trabajando eficientemente, ya que su eficiencia de remoción es baja, en nuestro caso observamos buena eficiencia para dos parámetros, sin embargo la DBO no mostró disminución significativa luego del tratamiento de aguas del efluente, lo que indica que se debe continuar el tratamiento para reducir la misma.

4.1.3. Parámetros físicos-químicos (AyG, DBO5, DQO y SST) de las aguas residuales industriales del proceso de trucha y cumplimiento del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

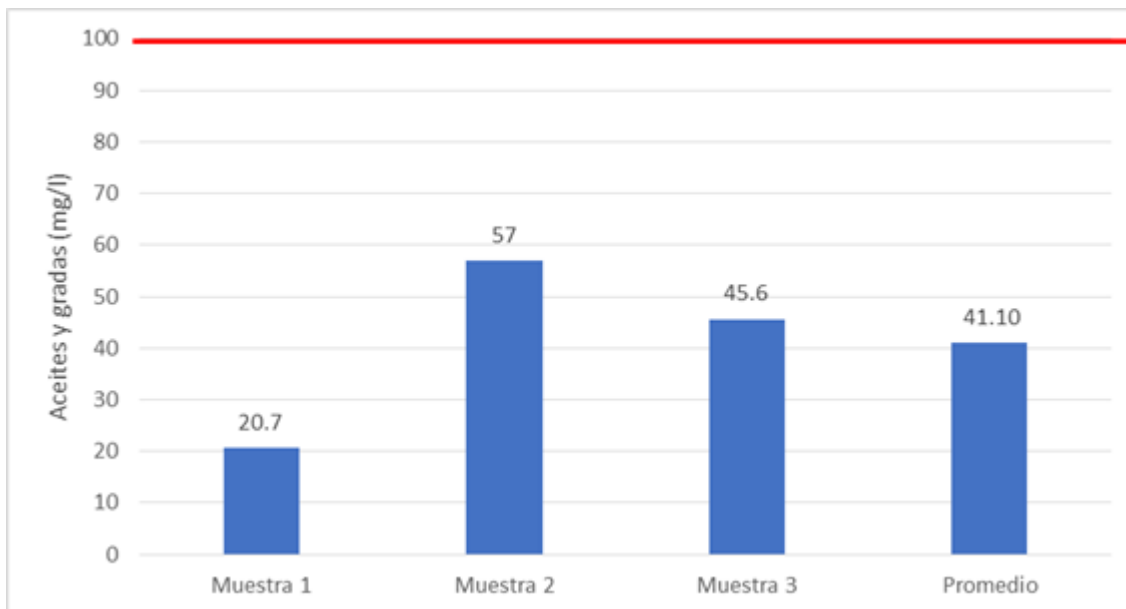


Figura 05. Aceites y grasas en aguas de las aguas residuales industriales del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

En la Figura 05, se observa que los aceites y grasas en ninguna de las muestras de agua residual industrial se superó el límite establecido por el Ministerio de Vivienda para este tipo de agua (Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA), es decir para este parámetro el agua se encuentra dentro de lo normal.

Respecto a la comparación estadística de los valores observados y el límite permisible de la normatividad, se tiene que los aceites y grasas no superan dicho valor (Tabla 15), determinando que si cumple con lo establecido, con lo que se aprueba la hipótesis planteada en el estudio.

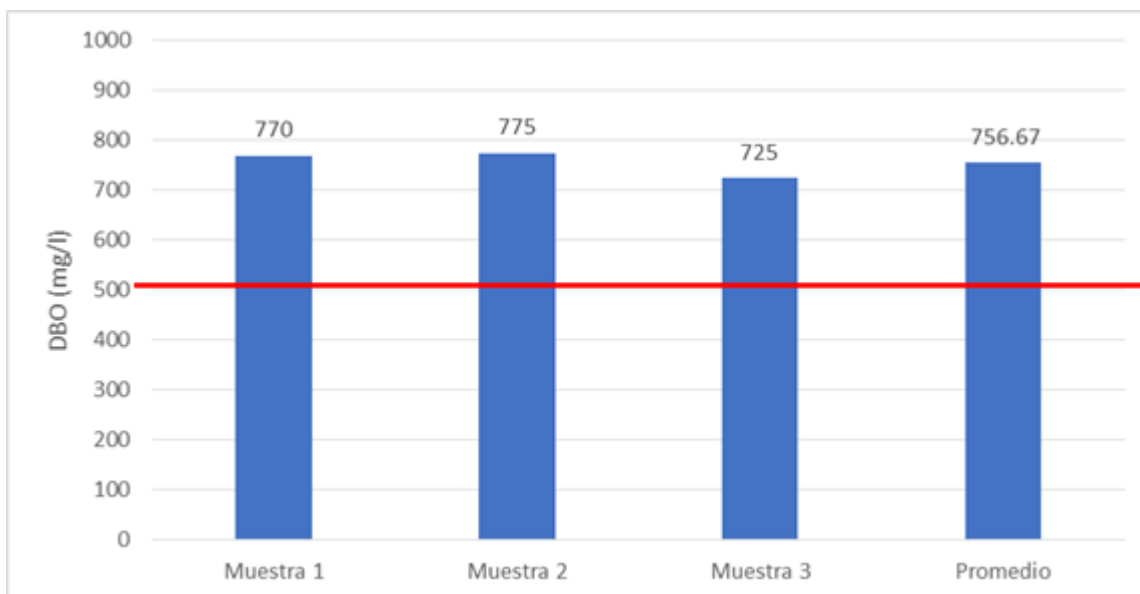


Figura 06. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en aguas residuales industriales del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

Se muestra que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en todas las muestras superaron el valor permisible establecido por el Ministerio de Vivienda para este tipo de agua (Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA), es decir para este parámetro el agua no cumple con la normatividad establecida.

Respecto a la comparación estadística de los valores observados y el límite permisible de la normatividad, se tiene que la Demanda Bioquímica de Oxígeno superan dicho valor (Tabla 15), determinando que no cumple con lo establecido, con lo que no se aprueba la hipótesis planteada en el estudio.



Figura 07. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales industriales del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

Se muestra que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en todas las muestras no superaron el valor permisible establecido por el Ministerio de Vivienda para este tipo de agua (Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA), es decir para este parámetro el agua cumple con la normatividad establecida.

Respecto a la comparación estadística de los valores observados y el límite permisible de la normatividad, se tiene que la Demanda Química de Oxígeno no superan dicho valor (Tabla 15), determinando que si cumple con lo establecido, con lo que se aprueba la hipótesis planteada en el estudio.

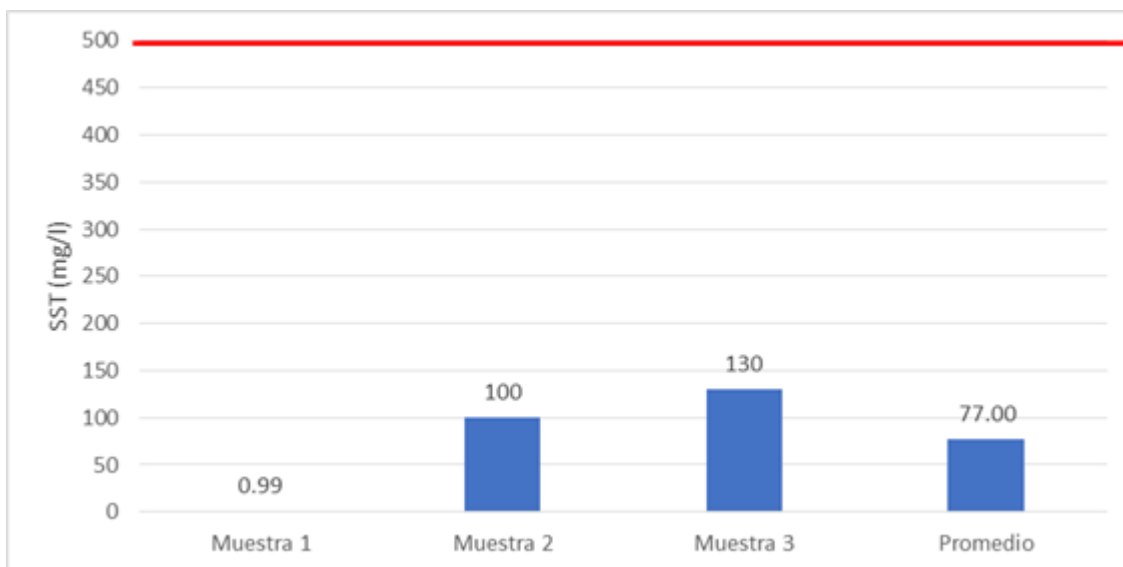


Figura 08. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en aguas residuales industriales del sistema de tratamiento de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata.

Se muestra que los Sólidos Suspendidos Totales (SST) en todas las muestras no superaron el valor permisible establecido por el Ministerio de Vivienda para este tipo de agua (Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA), es decir para este parámetro el agua cumple con la normatividad establecida.

Respecto a la comparación estadística de los valores observados y el límite permisible de la normatividad, se tiene que los Sólidos Suspendidos Totales no superan dicho valor (Tabla 15), determinando que si cumple con lo establecido, con lo que se aprueba la hipótesis planteada en el estudio.

En este sentido León (2018) indica que en su estudio la DBO y DQO no cumplen con los límites máximos permisibles y estas aguas no deben ser vertidas a cuerpos de aguas (ríos, lagos, aguas subterráneas, etc.), en nuestro caso también la DBO presentó valores por encima de la normatividad vigente, por lo que considerando este

parámetro se debería proseguir el tratamiento orientado a reducir el valor actual de este parámetro en las aguas del efluente de la planta de procesamiento de truchas.

En este mismo sentido Mamani (2018) indica que el valor de la DBO no cumple con los estándares de calidad ambiental del agua, por lo que este parámetro es importante para evaluar la calidad de agua de efluentes, en nuestro estudio hallamos también que este parámetro se halla por encima de lo permitido por la norma vigente, por lo que se requiere implementar tratamientos adicionales para reducir el mismo.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL del Distrito de Pomata, fueron en promedio para Demanda Bioquímica de Oxígeno 756.67 mg/l, Demanda Química de Oxígeno 9.10 mg/l, Aceites y grasas 41.10 mg/l y Sólidos suspendido totales 77 mg/l.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL, muestra eficiencia de tratamiento de 92.5% para aceites y grasas, de 85.15% para Sólidos Suspendidos Totales, no muestra eficiencia para la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

Los parámetros fisicoquímicos del agua de las aguas residuales industriales de la planta de procesamiento de trucha de la empresa Titikaka Trout Perú SCRL, indican para Aceites y grasas, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales si cumplen con la normatividad vigente, la Demanda Bioquímica de Oxígeno no cumple con dicha normatividad por exceder el límite permisible.

RECOMENDACIONES

A las Instituciones del sector; PRODUCE, Dirección Regional de la Producción - DIREPRO, realicen el monitoreo constante de las aguas residuales industriales producidas en diferentes centros de procesamiento de truchas, en todo el ámbito del lago Titicaca y lagunas en la región Puno.

A la empresa Titikaka Trout Perú SCRL ampliar sus sistema de tratamiento de aguas residuales industriales provenientes de su planta de procesamiento de trucha, para lograr reducir los parámetros de Demanda Bioquímica de oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

BIBLIOGRAFÍA

- Arocutipa, L. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari—Sandía. Sandía—Puno—Perú*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Becerril, G. (2015). *Tratamiento y disposición del agua residuales* (Primera). Ateneo.
- Callata, J. (2014). *Evaluación y propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ajoyani – Carabaya – Puno – 2013*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Castro, M. (2017). *Disminución de la carga orgánica del efluente del Camal Municipal el Porvenir mediante el tratamiento con sulfato de aluminio al 1%*. Universidad César Vallejo.
- Chacha, I. (2016a). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Camal Municipal de la ciudad de Macas Cantón Morona provincia de Morona Santiago*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Chacha, I. (2016b). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Camal Municipal de la ciudad de Macas Cantón Morona provincia de Morona Santiago*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Chaux, G. (2009). *Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades*. MINAM.
- Condori, M. (2017). *Instalación y evaluación de un sistema de reactores para tratamiento de aguas residuales urbanas por proceso de lodos activados*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cuesta, D., Velazco, C., & Castro, J. (2018). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 141-152. <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018013>

- Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1433-1447. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- Del Valle, J., & Aguilera, A. (1990). Recovery of liquid By-Products from fish meal factories: A Review. *Process. Biochemistry International*, 1(2), 12.
- Dirección Regional de la Producción. (2019). *Licencia de Operación para Operación de la Planta de Procesamiento Pesquero Artesanal*. DIREPRO.
- FAO. (2019). *Desarrollo de la Acuicultura*.
- Guerra, G., & Logroño, S. (2019). Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(3.2.1), 73-87. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.783>
- Huahuasoncco, E. (2018). *Identificación y valoración del impacto ambiental de la contaminación por aguas servidas en el río Ayaviri*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Jaramillo, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales* (Primera). Alfa y Omega.
- Jimenez, L. (2016). *Tratamiento de aguas eutrofizadas con el uso de dos macrófitos de la bahía interior de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Landeo, G., & Ruiz, A. (1996). *Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades* (Primera). Limusa.
- Lapeña, M. (1990). *Tratamiento de aguas industriales* (Primera). Marcombo.
- León, E. (2018). *Evaluación de la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Chibaya Baja – Torata – Moquegua*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Mamani, C. (2018). *Evaluación de carga contaminante generada por el vertimiento de aguas residuales de la Municipalidad Provincial de Yunguyo*. Universidad Nacional del Altiplano.

- Mamani, P. (2016). *Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido en pieles por procesos físico-químico de la curtiembre de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA- Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Ministerio de la Producción. (2009). *Decreto Supremo N° 010-2008, Guía para la actualización del plan de manejo ambiental para que los titulares de los establecimientos industriales pesqueros alcancen el cumplimiento de los Límites Máximos Permisible*. El Peruano.
- Ministerio de Pesquería. (2001). *Decreto Supremo N° 040-2001-PE*.
- Ministerio de Vivienda. (2019). *Decreto Supremo que aprueba el reglamento de Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario*. El Peruano.
- Montesdeoca, A. (2016). *Diseño de un vertedero para la determinación del régimen de flujo en las aguas residuales del camal frigorífico Riobamba*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Murillo, B. (2018). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Nolasco, C. (2018). *Influencia del vertido del efluente líquido del Camal Municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuático del canal Galindona*. Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales (Primera)*. Limusa.
- Ortiz, A. (1995). *Tratabilidad de aguas residuales de matadero con filtros*. Omega.
- Otiniano, R. (2016). *Efecto del proceso de coagulación-floculación para la remoción de sólidos suspendidos del efluente del camal municipal El Porvenir-Trujillo*. Universidad Cesar Vallejo.
- Primo, E. (2007). *Química orgánica básica y aplicada: De la molécula a la industria (Primera)*. Omega.

Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca. (2015). *Estudio de impacto ambiental semi detallado de la Planta de Procesamiento Pesquero con fines de Investigacion y Capacitacion*. PELT.

Quevedo, H. (2016). *Efecto de la aplicación de nuevas tecnologías en el tratamiento de las aguas de bombeo, sobre la calidad de los efluentes de la empresa pesquera Pelayo S.A.C. de harina y aceite de pescado de Puerto Supe*. Universidad nacional de Trujillo.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas



Ingreso a la planta de procesamiento de trucha Titikaka Trout Perú SCRL



Transformación de la trucha en la planta de procesamiento Titikaka Trout Perú SCRL



Toma de muestra de agua del efluente en la planta de procesamiento Titikaka Trout Perú SCRL



Realizando mediciones de parámetros fisicoquímicos del efluente



Calibración de equipo multiparámetro



Medición de pH y oxígeno disuelto en muestra del efluente