

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

Influencia de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Quilcas, 2019

Pollet Cristina Romero Huamán

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Edwin Paucar Palomino

AGRADECIMIENTOS

A la municipalidad del distrito de Quilcas por los permisos otorgados para el desarrollo de la presente investigación; a la Srta. Medalit Ninfa Alcoser Chipana del Área Técnica Municipal, que contribuyó con la recopilación de información. Al encargado de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas (PTARD), por la guía prestada en la visita de campo y además por compartir datos esenciales para la investigación.

A la empresa Inspectorate Service Perú S.A.C. y a su equipo técnico que me por el soporte adecuado para el monitoreo de aguas residuales, además por las facilidades en costos para el desarrollo en esta investigación.

Al Ing. Jonhny Vílchez Espejo, principal proveedor de insumos autorizados además por su participación en la activación de los microorganismos eficaces (EM) en el agua y por el soporte en el control de las unidades experimentales; al Ing. Kael Huayllani Hilario, por el apoyo brindado para el desarrollo de la investigación.

A mi asesor: Ing. Edwin Paucar Palomino, que con mucho gusto aceptó esta responsabilidad y por brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así también por haberme tenido la paciencia para guiarme en el desarrollo de la investigación.

Y por último a la Universidad Continental, por apoyarme y guiarme en los temas documentarios y facilitarme de recursos como equipos y los espacios para desarrollar esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios quien me guía todos los días.

A mis padres José (Q.E.P.D.) y Alejandra con todo amor y cariño, por brindarme su tiempo y un hombro para descansar; a mis hermanos por brindarme calidez de familia; a cada uno de mis sobrinos en especial a Shindell y Fabrizio que son mis pequeños motores y a todos aquellos que de alguna u otra manera han estado siempre en el transcurso de esta investigación.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| ASESOR..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| ÍNDICE | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | xii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 1 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.1.2. Formulación del problema | 7 |
| 1.2. Objetivos | 7 |
| 1.2.1. Objetivo general | 7 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 8 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 8 |
| 1.3.1. Justificación ambiental..... | 8 |
| 1.3.2. Justificación social | 8 |
| 1.4. Hipótesis y variables..... | 9 |
| 1.4.1. Hipótesis general..... | 9 |
| 1.4.2. Hipótesis específicas..... | 9 |
| 1.4.3. Operacionalización de las variables..... | 9 |
| CAPÍTULO II..... | 11 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 11 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales..... | 11 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 2.1.2. | Antecedentes nacionales..... | 14 |
| 2.1.3. | Antecedentes locales..... | 15 |
| 2.2. | Bases teóricas..... | 17 |
| 2.2.1. | Agua residual..... | 17 |
| 2.2.2. | Tratamiento de aguas residuales..... | 18 |
| 2.2.3. | Microorganismos eficaces (EM)..... | 21 |
| 2.2.4. | Marco legal..... | 23 |
| 2.2.5. | Metodología..... | 24 |
| 2.3. | Definición de términos básicos..... | 26 |
| CAPÍTULO III..... | | 28 |
| 3.1. | Método, tipo y nivel de la investigación..... | 28 |
| 3.1.1. | Método específico de la investigación..... | 29 |
| 3.1.2. | Tipo de la investigación..... | 30 |
| 3.1.3. | Nivel de la investigación..... | 30 |
| 3.2. | Diseño de la investigación..... | 30 |
| 3.3. | Población y muestra..... | 32 |
| 3.3.1. | Población..... | 32 |
| 3.3.2. | Muestra..... | 32 |
| 3.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 32 |
| 3.4.1. | Técnicas de recolección de datos..... | 32 |
| 3.4.2. | Instrumentos de recolección de datos..... | 36 |
| CAPÍTULO IV..... | | 42 |
| 4.1. | Resultados de la investigación..... | 42 |
| 4.1.1. | Parámetros iniciales de la muestra..... | 42 |
| 4.1.2. | Análisis de la normativa ambiental asociada con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTARD con los parámetros de línea base..... | 43 |
| 4.1.3. | Parámetros finales de las unidades experimental..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 4.1.4. Análisis de la normativa ambiental asociada con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTARD con los parámetros finales de las unidades experimentales | 48 |
| 4.1.5. Variabilidad de las temperaturas en los tratamientos..... | 49 |
| 4.1.6. Variabilidad del pH en los tratamientos..... | 51 |
| 4.2. Prueba de hipótesis | 53 |
| 4.3. Discusión de resultados..... | 60 |
| CONCLUSIONES | 63 |
| RECOMENDACIONES..... | 65 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 66 |
| ANEXOS..... | 70 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01. Aguas residuales descargadas en la red de alcantarillado..... | 3 |
| Figura 02. Volumen de aguas residuales que genera al día una persona en el Perú..... | 4 |
| Figura 03. Evolución de la generación de las aguas residuales en el Perú..... | 4 |
| Figura 04. Descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento de la región Junín | |
| Figura 05. Proceso del tratamiento de aguas residuales..... | 19 |
| Figura 06. Distribución de las unidades experimentales y unidades de control..... | 29 |
| Figura 07. Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas..... | 34 |
| Figura 08. Diagrama de procesos de la PTARD del distrito de Quilcas..... | 37 |
| Figura 09. Ubicación de toma de muestra de línea base..... | 38 |
| Figura 10. Esquema de activación de EM agua..... | 39 |
| Figura 11. Ubicación de toma de muestra para las unidades experimentales..... | 40 |
| Figura 12. Límites Máximos Permisibles para DBO..... | 43 |
| Figura 13. Límites Máximos Permisibles de material extractable en hexano: aceites y grasas..... | 44 |
| Figura 14. Límites Máximos Permisibles de Sólidos Totales..... | 45 |
| Figura 15. Límites Máximos Permisibles de coliformes fecales o termotolerantes..... | 46 |
| Figura 16. Límites Máximos Permisibles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)..... | 47 |
| Figura 17. Resultados finales de DBO con respecto a los LMP..... | 48 |
| Figura 18. Resultados finales de coliformes termotolerantes con respecto a los LMP..... | 49 |
| Figura 19. Variabilidad de la temperatura en los tratamientos..... | 51 |
| Figura 20. Variabilidad del pH en los tratamientos..... | 52 |
| Figura 21. Regresión exponencial de la DBO..... | 54 |
| Figura 22. Representación gráfica de la prueba de hipótesis..... | 58 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 01. Descripción y operacionalización de las variables..... | 9 |
| Tabla 02. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR..... | 24 |
| Tabla 03. Tratamiento de las unidades experimentales..... | 32 |
| Tabla 04. Coordenadas del área de estudio..... | 34 |
| Tabla 05. Materiales para la toma de muestra de la línea base..... | 35 |
| Tabla 06. Dosis de EM agua activado..... | 40 |
| Tabla 07. Resultados de los parámetros analizados en la línea base..... | 42 |
| Tabla 08. Resultados finales con respecto a la dosis de EM agua activado..... | 47 |
| Tabla 09. Resumen de la variabilidad de temperaturas..... | 50 |
| Tabla 10. Resumen de la variabilidad de pH..... | 51 |
| Tabla 11. Datos de dosis EM agua activado y DBO..... | 53 |
| Tabla 12. Prueba de normalidad para la DBO removida..... | 55 |
| Tabla 13. Prueba de correlación de datos de la DBO removida..... | 56 |
| Tabla 14. Datos de DBO inicial y final..... | 56 |
| Tabla 15. Prueba de normalidad de la DBO final..... | 57 |
| Tabla 16. Prueba de muestras relacionadas para la DBO (antes y después)..... | 57 |
| Tabla 17. Datos de coliformes termotolerantes antes y después del tratamiento..... | 59 |

RESUMEN

La investigación se realizó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, provincia de Huancayo, cuyo objetivo fue determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), para ello se recolectaron muestras de la matriz de agua residual doméstica previa caracterización (línea base) de un volumen total de 216 litros tomados de la entrada del filtro biológico para ser empleadas en 12 unidades experimentales (cada una de las unidades experimentales con 18 litros de agua residual) dividido en 4 grupos, cada grupo de 3 unidades codificadas según la dosificación de EM agua activado de 4 %, 6 %, 8 % y el último un grupo sin dosificación denominado como testigo; éstas fueron monitoreadas cada 2 días (parámetros de campo: pH y temperatura) por un período de 39 días en el horario de trabajo del encargado de la PTARD del distrito de Quilcas.

La investigación se aborda de acuerdo al nivel de investigación explicativo, con un diseño experimental. Llegando a las siguientes conclusiones: mejoró la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la PTARD del distrito de Quilcas con un nivel de confianza del 95 %; disminuyó considerablemente en la dosis de 6 % y 8 % de EM agua y no existen efectos significativos en la remoción del parámetro, obteniendo datos resultantes mayores a 16 000 NTP/100 ml.

Palabras clave: microorganismos eficaces, coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), aguas residuales domésticas.

ABSTRACT

The research was carried out at the Domestic Wastewater Treatment Plant (PTARD) of the Quilcas district, Huancayo province, whose objective was to determine the influence of effective microorganisms in the removal of thermotolerant coliforms and Biochemical Oxygen Demand (BOD), for this, samples of the domestic wastewater matrix were collected after characterization (baseline) of a total volume of 216 liters taken from the biological filter inlet to be used in 12 experimental units (each of the experimental units with 18 liters of waste water) divided into 4 groups, each group of 3 units coded according to the dosage of activated water EM of 4%, 6%, 8% and the last one a group without dosage called as control; These were monitored every 2 days (field parameters: pH and temperature) for a period of 39 days during the working hours of the person in charge of the PTARD of the Quilcas district.

The research is approached according to the explanatory research level, with an experimental design. Reaching the following conclusions: the reduction of the Biochemical Oxygen Demand (BOD) of the PTARD of the Quilcas district improved with a confidence level of 95 %; it decreased considerably in the dose of 6 % and 8 % of EM water and there are no significant effects in the removal of the parameter, obtaining resulting data greater than 16 000 NTP/100 ml.

Keywords: effective microorganisms, thermotolerant coliforms, Biochemical Oxygen Demand (BOD), domestic wastewater.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas residuales domésticas es normalmente una mezcla de la carga contaminante y de la cantidad de agua que se mezcle con el contaminante, la cual contiene desechos fisiológicos con contenido de organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre y material orgánico. En consecuencia, se han desarrollado una serie de métodos para la descontaminación de dichas aguas residuales domésticas; muchos de ellos tienen alto costo de tratamiento y exige también mano obra. Debido al alto grado de infección de estos organismos, estas aguas deben ser tratadas y dispuestas adecuadamente.

La planta de tratamiento de aguas residuales domesticas (PTARD) del distrito de Quilcas procesa el total del volumen de aguas residuales de fuentes domésticas o urbanas evacuadas por las conexiones de alcantarillado y genera lodos residuales, los cuales son dispuestos en lechos sin un tratamiento para su reaprovechamiento, puesto que solo se secan a la intemperie, así también algunos pobladores lo utilizan como abono para sus cultivos.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) señaló que el efluente final de la planta de tratamiento no cumple con las medidas reglamentarias que se disponen en el D.S. 003-2010-MINAM, determinado por el rebase del Límite Máximo Permisible (LMP) de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas; el tratamiento de aguas residuales es deficiente debido a que, en la mayoría de ellas, los parámetros como coliformes, termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), superan los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas establecidos por la normatividad. Los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se dispone directamente al cuerpo de agua que es el Rio Mantaro con olores desagradables para los pobladores es por ello las constantes quejas.

En tal sentido la presente investigación tiene como objetivo general el determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) para mejorar el tratamiento de la planta de aguas residuales domésticas del distrito de Quilcas empleando un proceso ambientalmente amigable orientado en el uso de la biotecnología, con dosis específicas y optimizando procesos en la PTARD y como resultado mejorar la calidad de agua.

El estudio realizado se encuentra dividido en 4 capítulos, de las cuales se describe de manera sintetizada el contenido de cada una de ellos.

En el Capítulo I, se describe el problema de la Investigación, objetivos, justificación, hipótesis y estudio de las variables.

En el Capítulo II se abordan los antecedentes de la investigación, abordando los temas de necesidad y utilización que fueron la base para la presente investigación y las cuestiones teóricas que sustentan el planteamiento del problema.

En el Capítulo III se define y aplica la metodología y diseño de la investigación más adecuado para cumplir con el objetivo de esta tesis. Primero, el método cuantitativo y por ser una investigación de campo tiene un diseño experimental y para la recolección de datos se utilizó la técnica del experimento y los instrumentos del laboratorio, mientras que para el análisis de datos se empleó la estadística inferencial mediante el software IBM SPSS.

En el Capítulo IV se da la presentación de los resultados de la investigación, para ello se utilizaron una serie de instrumentos estadísticos (tablas y gráficas), que permiten la explicación de los hallazgos encontrados a través de la aplicación del instrumento de consulta. También se presenta el análisis dinámico de la información donde se aceptan o rechazan las hipótesis de investigación y el análisis de correlación, en las conclusiones se señalan las conclusiones generales y específicas dando respuesta a la hipótesis planteada de la investigación en atención a los resultados obtenidos tanto en forma general y específica.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En promedio los países de ingresos altos alcanzan a tratar cerca del 70 % de sus aguas residuales municipales e industriales. Este promedio cae a un 38 % en los países de ingresos medios - altos y a un 28 % en los países de ingresos medios - bajos. En los países de ingresos bajos solo el 8 % recibe algún tratamiento. Estas estimaciones sustentan la aproximación que se cita comúnmente que, en el mundo, más del 80 % de las aguas residuales son vertidas sin tratamiento alguno. En los países de ingresos altos la motivación por llevar adelante tratamientos avanzados de aguas residuales se basa en el deseo de mantener la calidad del medio ambiente o de contar con una fuente alternativa de agua a la hora de enfrentar la escasez hídrica, sin embargo, el vertido de aguas residuales sin tratar continúa siendo una práctica habitual, especialmente en países en desarrollo, porque no cuentan con la infraestructura, capacidades técnicas e institucionales y financiamiento necesarios ¹.

El vertimiento de aguas residuales sin tratamiento o con un tratamiento deficiente se ha convertido un problema mundial desarrollando uno de los problemas medioambientales a nivel global de mayor urgencia para la humanidad, ya que más 1 000 millones de toneladas de agua residuales

son vertidos anualmente. Esta contaminación se ve más claramente en países industrializados como por ejemplo China, ya que admitido que más del 80 % de sus ríos están contaminados y en consecuencia no son aptos para un reúso; Estados Unidos también ha caído en este problema ya que dos de cada cinco ríos están contaminados por agua residuales urbanas y las autoridades han advertido a la población de no dar otro uso por su alto grado de contaminación ².

El acceso al agua saneamiento e higiene es un derecho humano, sin embargo, miles de millones de personas en el mundo siguen enfrentándose diariamente a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales. Aproximadamente 1 800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada con restos fecales. Unos 2 400 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes y letrinas. La escasez de agua afecta a más del 40 % de la población mundial y este porcentaje podría aumentar ³.

Es transcendental el tratamiento de las aguas residuales ya que es fundamental para la buena salud pública. Las Naciones Unidas en el año 2010 reconocieron que el agua potable limpia y segura es un derecho humano y también es un derecho el correcto y adecuado manejo de las aguas residuales, ya que es uno de los factores de riesgo de la salud; en los Objetivos de Desarrollo Sostenible se incluye como una meta que para el 2030 se debe poner fin a las epidemias como es el SIDA, tuberculosis, la malaria y combatir la hepatitis; justamente, dichas enfermedades tiende por ser transmitidas por el agua contaminada, y añade también que se debe reducir el número de víctimas a causa de enfermedades derivadas del empleo de productos químicos y la contaminación del aire, agua y suelo ⁴.

La disponibilidad de recursos hídricos está intrínsecamente ligada a la calidad del agua. La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas hace imposible su utilización ante la ausencia de tratamientos previos costosos. Se prevé que el deterioro de la calidad del agua aumente aún más en las próximas décadas, especialmente en los países con pocos recursos en las zonas secas, lo que pondrá aún más en

peligro la salud humana y el medio ambiente, al tiempo que limitará el alcance del Desarrollo Sostenible. La descarga de aguas residuales no tratadas como consecuencia de la expansión de los asentamientos humanos y el aumento de la producción industrial genera contaminación física, química y biológica que afecta tanto la salud humana como el medio ambiente ⁵.

Las aguas residuales se componen, básicamente, de un 99 % de agua y un 1 % de sólidos disueltos, suspendidos o coloidales. El vertido de aguas residuales sin tratar o con tratamiento inadecuado tendrá consecuencias que se clasifican en tres grupos: i) efectos nocivos para la salud humana; ii) efectos ambientales negativos; iii) repercusiones desfavorables para las actividades económicas. El fin último de la gestión de aguas residuales es el control y la regulación de sus diversos flujos ¹.

El Perú genera aproximadamente 2 217 946 m³/día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS); el 32 % de éstas recibe tratamiento. Cada habitante en el Perú genera 142 litros de aguas residuales al día, mientras tanto que en solo Lima se generan aproximadamente 1 202 286 m³/día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS, alcanzando un tratamiento solo el 20.5 % de éstas, mientras que cada habitante en Lima genera 145 litros de aguas residuales al día ⁶.

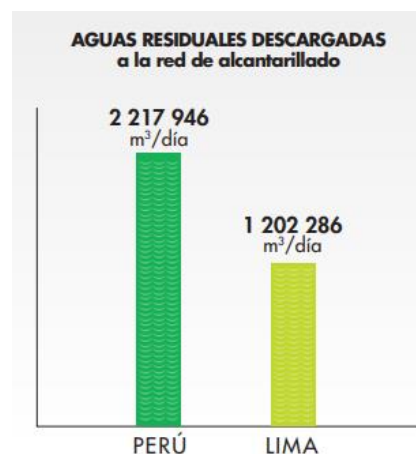


Figura 01. Aguas residuales descargadas en la red de alcantarillado.

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental ⁶.

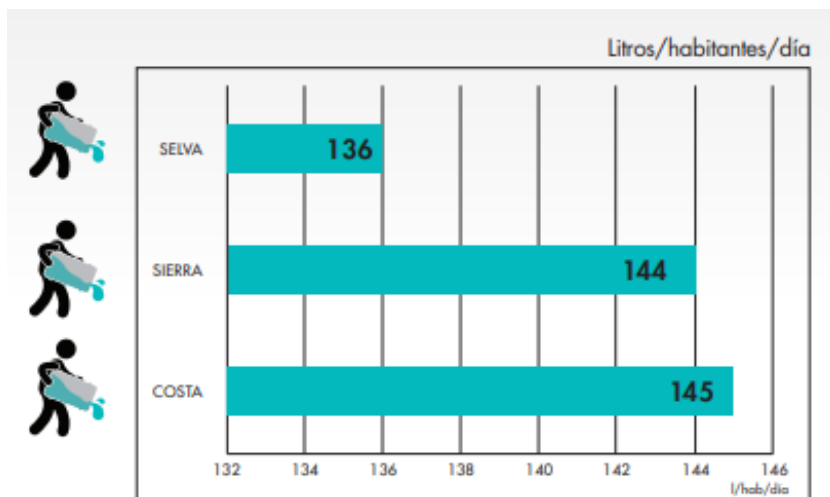


Figura 02. Volumen de aguas residuales que genera al día una persona en el Perú.

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental ⁶.

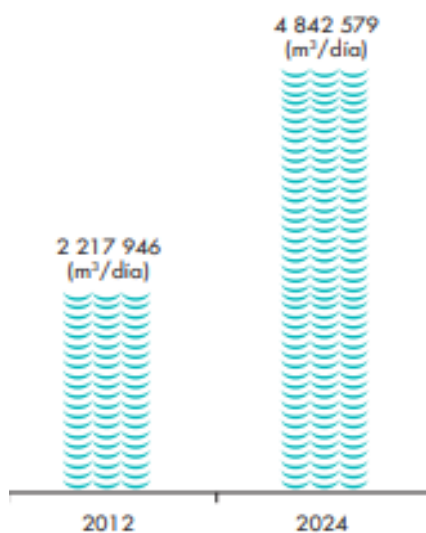


Figura 03. Evolución de la generación de las aguas residuales en el Perú.

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental ⁶.

De igual manera, se dan escenarios de insuficiente investigación y desarrollo de tecnologías en el Perú para el tratamiento efectivo de las aguas residuales. En el inventario del año 2007 de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) muestra que de las 143 infraestructuras, el 92 %

se componen de lagunas de estabilización en sus diferentes variedades de comportamiento biológicos, siendo las lagunas facultativas las más empleadas, y el resto operan con filtros percoladores, lodos activados, reactor anaerobio; se evidencia por tanto que no existe ningún reporte de la aplicación de biotecnología para el tratamiento de agua residuales ⁷.

En el año 2008, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) indicó que el 70 % de las aguas residuales en el Perú no son tratadas eficazmente y tras la evaluación de las 143 PTAR existentes en el Perú solo el 14 % cumplen con la normativa ambiental. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) presenta un informe de situación actual de saneamiento en el Perú (2013), donde 10 millones de habitantes no cuentan con el servicio de saneamiento lo que incrementa más la preocupación en la salud pública del país ⁸.

En el foro regional Gestión del Agua y Aguas Residuales del año 2017 llevado con la finalidad de promover en las autoridades y la población las buenas prácticas en el reúso y manejo de aguas residuales en las diferentes actividades productivas y económicas del país, se presentó el tema: Gestión de la Calidad las Aguas y Aguas Residuales a cargo de un especialista de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Mantaro, presentando indicadores que evidencian la presencia de aguas residuales domésticas - municipales en los cuerpos de agua, seguido por pasivos ambientales y aguas residuales industriales de fuente minera (metales pesados en algunos sectores de la cuenca). Se exhortó a las autoridades de la región Junín el promover proyectos asociados al tratamiento de las aguas residuales, orientado en garantizar la calidad de vida de la población orientado en el alcance del Desarrollo Sostenible. Se presentaron avances técnicos del proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de Huancayo, con la finalidad de reducir la contaminación hídrica de los ríos Shullcas, Florido, Chilca, Alcalá y Mantaro. Las autoridades indicaron que el proyecto busca reducir la significancia de impactos ambientales, empleando para ello tecnologías limpias con altos estándares de calidad, para luego aprovechar las aguas tratadas en el riego de áreas verdes, así como en la producción industrial y agrícola ⁹.

El Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) contiene en su plataforma virtual el indicador de descargas de agua residuales domésticas sin tratamiento donde se realiza comparaciones entre regiones al año 2016. Se muestra que Junín realiza una descarga de agua residuales domésticas sin tratamiento de 24 294 021 m³. Se espera que acorde con el incremento de las regulaciones en esta materia y el incremento de la conciencia y responsabilidad ambiental, se incremente el número de plantas de tratamiento de aguas residuales en el país ¹⁰.

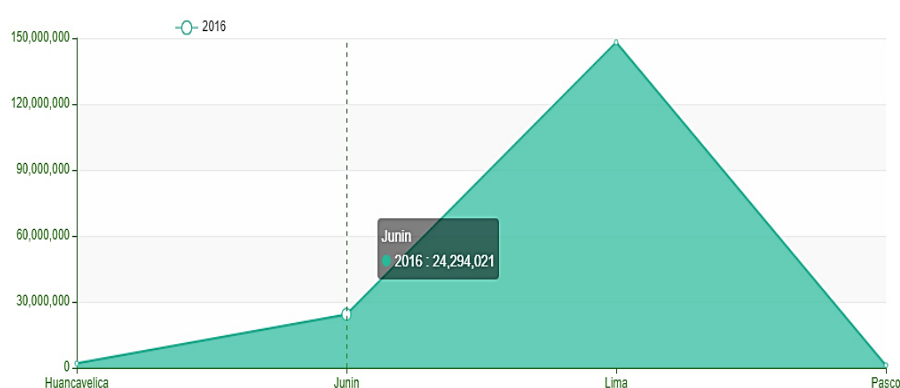


Figura 04. Descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento de la región Junín.

Fuente: SINIA ¹⁰.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en el año 2015 evaluó los índices de cumplimiento de la gestión de aguas residuales de las Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA) Junín, conformada por 108 municipalidades distritales. En el año 2014 se realizaron 36 supervisiones donde se concluye que el distrito de Quilcas cuenta con una PTARD deficiente y no cuenta con certificado ambiental ni permiso para ser vertidos ¹¹.

Las aguas servidas sometidas a tratamiento de remoción de los contaminantes emplean métodos biológicos o fisicoquímicos en donde el efluente del sistema de tratamiento tiende por cumplir los parámetros medioambientales. La PTARD de Quilcas no cuenta con dichos parámetros, por tal motivo el presente estudio observa la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas en el año 2019, cuyo fin del proceso es obtener agua con las características adecuadas al uso que se le quiera dar.

1.1.2. Formulación del problema

A) Problema general:

¿Cuál es la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019?

B) Problemas específicos:

- ¿Cuál es la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019?
- ¿Cuál es la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del Distrito de Quilcas, 2019?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.
- Determinar la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del Distrito de Quilcas, 2019.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación ambiental

El presente estudio contribuirá en el tratamiento de las aguas residuales, propiamente aporta en el proceso del tratamiento biológico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas con el fin de mitigar el impacto negativo al medio ambiente (descarga de efluentes contaminados directamente al río Mantaro) con la aplicación de microorganismos eficaces. Por lo cual resulta de mucha importancia la contribuir con tecnologías que se enfocan en el tratamiento eficaz de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos que causan la contaminación del agua.

1.3.2. Justificación social

La población del distrito de Quilcas convive con un escenario de contaminación ambiental, por tanto, evidencia se molestia respecto del manejo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) de su localidad; la presente se enfoca en la contribución del manejo más eficaz y adecuado de las aguas residuales con el fin de mitigar malos olores y vectores infecciosos (percepción directa del poblador).

También se orienta con la reducción de uso de químicos en el proceso del tratamiento ya que la tecnología empleada es libre de químicos, además de que no demanda de altos costos de inversión.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis general

H₁: La aplicación de los microorganismos eficaces reduce la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces reduce la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.
- La aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces reduce la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

1.4.3. Operacionalización de las variables

Tabla 01. *Descripción y operacionalización de las variables.*

| Variables según su función o relación | Variables | Indicadores |
|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Independiente | Dosis de Microorganismos eficaces (EM Agua) | Dosis al 4%, 6%y 8% en la unidad ml. |

| | | |
|-------------|-------------------------------------|--|
| Dependiente | Coliformes termotolerantes | Numeración de coliformes fecales termotolerantes en la unidad NMP/100ml. Parámetros de campo: pH y temperatura. |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | Consumo de oxígeno en la degradación de la materia orgánica en la unidad mg/l. Parámetros de campo: pH y temperatura. |

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el artículo científico titulado “Reducción de coliformes y *Escherichia coli* en un sistema residual lácteo mediante microorganismos benéficos”, se planteó el objetivo de evaluar la capacidad de una mezcla de microorganismos benéficos (MB) para remover coliformes y *E. coli* presentes en residuos líquidos generados en una planta de tratamiento lácteo. La investigación presenta como resultado la remoción de los parámetros en estudio por la aplicación del concentrado de cultivo mixto de microorganismos benéficos. El trabajo concluye que la línea base establecida demostró que el sistema anaerobio residual lácteo de la empresa no redujo las poblaciones de coliformes totales y *E. coli*, y, por el contrario, se apreció que durante los procesos estas poblaciones continúan su multiplicación hasta generar un recuento mayor en el efluente. Por otro lado, la adición de microorganismos benéficos al 2 y 4 % generó una curva de estabilización en la reducción de coliformes y *E. coli*, la cual se estabilizó a partir de la cuarta semana, generando desde este lapso temporal fluctuaciones de remoción entre 41.1 y 48 % para los coliformes y, entre 49.5 y 52.9 % para las poblaciones de *E. coli* en la planta de tratamiento anaerobio residual láctea. Estas remociones demostraron la capacidad de la mezcla para limitar el desarrollo de las poblaciones tenidas como

variables de respuesta, a partir del principio de competencia y antagonismo. Por ello también los resultados indican que el uso de una mayor concentración de MB no deriva en reducciones significativamente diferentes de coliformes totales y *E. coli*, mientras que los microorganismos benéficos redujeron con mayor eficacia las poblaciones de *E. coli* en presencia de materia orgánica proveniente de aguas de lavado, que en presencia de aguas de proceso ¹².

En el artículo científico titulado “Remoción de bacterias coliformes en un sistema de lodos activados y humedal construido”, se tuvo como objetivo el evaluar la remoción de coliformes totales (CT), *E. coli* (EC) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) del agua residual de un sistema a escala piloto con dos tratamientos un reactor secuencial por lotes (RSL) de lodos activados y un humedal construido de flujo vertical (HCFV). La investigación presenta como conclusiones, las concentraciones promedio de CT, EC y DQO en el efluente fueron 8.03×10^6 , 4.13×10^6 NMP (100 ml)⁻¹ y 528 mg/l, respectivamente. Los porcentajes de remoción (PR) promedio fueron de 99.84 % (4.52 unidades log), 99.92 % (4.92 unidades log) y 92.78 % para CT, EC y DQO, respectivamente. La remoción, obtenida con un tiempo de residencia aproximado de 11 horas, cumple con la norma mexicana para reúso con contacto directo. El análisis de correlación demostró que la DQO es independiente de CT y EC. Las mediciones del efluente y concentraciones de CT y EC en la salida del HCFV muestran que entre las variables hay asociación. Las concentraciones de CT y EC del HCFV con respecto al tiempo estuvieron sesgadas a la izquierda, lo que concuerda con el comportamiento observado para medios porosos. Las comunidades pueden utilizar este sistema para reusar el agua residual tratada en el riego agrícola ¹³.

En el artículo científico titulado “Estudio comparativo de la remoción de materia orgánica en humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial usando tres especies de macrófitas”, se tuvo como objetivo el reducir la contaminación por materia orgánica utilizando humedales construidos. La investigación presenta como conclusiones los humedales construidos se presentan actualmente como una tecnología prometedora en reducir la contaminación por aguas residuales; este estudio investigó la

remoción de materia orgánica con agua residual sintética, en términos de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y mediciones *in situ* de pH, oxígeno y temperatura cada 15 días, durante 3 meses, en seis sistemas de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal, a escala piloto, sembrados con tres diferentes macrófitas: *Canna limbata*, *Heliconia psittacorum* y *Phragmites* sp.; las remociones medias de DQO fueron de 97.31 % y 95.94 % para *C. limbata*; 94.49 % y 93.50 % para *H. psittacorum*; 97.39 % y 97.13 % para *Phragmites* sp. En DBO₅ fueron de 100 % y 99.36 % para *C. limbata*; 99.09 % y 97.49 % para *H. psittacorum*; 100 % y 99,45 % para *Phragmites* sp. Se concluye que existen diferencias significativas para la remoción de DQO entre las diferentes plantas ($p < 0.05$); en la remoción de la DBO₅ no existen diferencias estadísticamente significativas entre las plantas ($p < 0,05$)¹⁴.

En la investigación titulada “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica, Bogotá D.C, Colombia, durante el año 2008”, realizada por la Facultad de Ciencias, Carrera de Microbiología Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, se llegó a las siguientes conclusiones: no se observaron diferencias significativas en las concentraciones de ninguno de los parámetros en ninguno de los tiempos, entre el control y los tratamientos. Por lo cual se concluyó que no existió un efecto de la profundidad de la aplicación de mis microorganismos eficaces; bajo las condiciones del presente estudio. De igual forma, para la mayoría de los parámetros evaluados, no se observaron diferencias significativas entre el control y los tratamientos, a excepción de la disminución significativa de S² (30 y 45 días), coliformes fecales (10 días), así como recuentos significativamente mayores en levaduras y mayor DBO₅ (30 y 45 días) de los tratamientos con respecto a los controles, mostro un claro efecto positivo de la aplicación de los microorganismos eficaces. Para el conjunto de los parámetros analizados, fue posible observar que en el comportamiento de los datos influyo más tiempo, debido a que entre las variables día y tratamiento existió independencia¹⁵.

En la investigación titulada “Evaluación de la eficiencia de remoción de un sistema natural de tratamiento de aguas residuales, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, durante el año 2012”, realizada por el Departamento de Riego y Drenaje, División de Ingeniería, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se llegó a las siguientes conclusiones: el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, no mostró un funcionamiento óptimo en la remoción de coliformes, ya que otros investigadores han obtenido eficiencias de remoción de hasta el 99.9 %, mientras que en este se obtuvo un 95 y 92 % para coliformes totales y coliformes fecales respectivamente. La tasa mayor de remoción en el sistema de tratamiento se realiza en los dos primeros procesos (igualadores de gasto y pantanos construidos). No existe una relación entre parámetros físicos - químicos (pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos y temperatura) en cuanto a remoción de coliformes, ya que en los parámetros medidos no existe un cambio significativo, mientras que la remoción es significativa en cada punto ¹⁶.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el artículo científico titulado “Evaluación de la capacidad de remoción de Bacterias Coliformes Fecales (BCF) y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales La totora, Ayacucho, Perú”, se planteó como objetivos de la investigación el determinar la capacidad de remoción de Bacterias Coliformes Fecales (BCF) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) La Totora, además de cuantificar las BCF en afluentes intermedios y efluente final de la PTAR La Totora y determinar la DBO₅ en afluentes intermedios y efluente final de la PTAR La Totora. La investigación presentó como conclusiones en la determinación de la capacidad de remoción de BCF y la DBO₅ de la PTAR La Totora de la ciudad de Ayacucho. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Microbiología de la misma planta; donde se analizaron 70 muestras de agua. Para la cuantificación de la población de BCF, se aplicó la técnica de Tubos Múltiples de Fermentación (NMP) y el método respirométrico para determinar la DBO₅. Con los resultados obtenidos se calculó el

porcentaje de remoción de BCF y DBO₅ aplicando la siguiente fórmula: % Remoción = [(C afluente - C efluente) / C afluente] x 100. La capacidad de remoción de BCF de la PTAR La Totora fue del 99.98 %, evacuando efluentes con una cantidad en promedio de 1.29 x 10⁵ NMP/100 ml, siendo deficiente, pues para alcanzar una cantidad promedio de <103 NMP/100 ml de BCF (agua de clase III. Ley General de Aguas D.L. 17752) se requiere que la PTAR tenga una capacidad de remoción de orden del 99.99 %, en tanto que la remoción de la DBO₅ fue de 86.2%, evacuando efluentes con 46.35 mg/l, proceso deficiente en relación a lo estipulado por la Ley General de Aguas (D.L. 17752) para aguas de clase III, que establece una concentración máxima de 15 mg/l; para alcanzar esta concentración sería necesario una remoción del orden del 95.59 % ¹⁷.

En la tesis titulada “Uso de Microorganismos Eficaces (ME) en el mejoramiento de la calidad de agua residuales de la industria láctea, Lima” se tuvo el objetivo el identificar el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la Industria Láctea con el uso de Microorganismos Eficaces (ME) para la reducción de los parámetros como Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas (AyG), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Amoniacal y pH, logrando cumplir con el Valor Máximo Admisible. El tipo de investigación fue de tipo experimental, desarrollándose a nivel piloto, fuera de las instalaciones; para la evaluación de los resultados se usó el diseño completamente al azar en la que se tuvo 3 tratamientos con 3 repeticiones y un balde de unidad experimental, con concentraciones al 1 %, 2 % y 3 % y tiempo de 10, 20 y 30 días. Los resultados indican reducciones favorables, donde la mayor reducción corresponde a la concentración de 2 % con 4 164 mg/l de DQO, 561 mg/l de AyG, 864 mg/l de SST, 39 mg/l de Nitrógeno Amoniacal y 6.74 de pH ¹⁸.

2.1.3. Antecedentes locales

En la tesis titulada “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, Planta de Tratamiento de Jauja” se cotejó el objetivo de determinar los efectos de los Microorganismos Eficaces (EM)

en el tratamiento de agua y lodo residual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Jauja. La aplicación de los microorganismos eficaces se realizó bajo la siguiente presentación en solución o EM activado, para ello se realizaron evaluaciones a los 0, 30, 60 y 90 días después del tratamiento para determinar el efecto de estos microorganismos sobre la calidad del agua residual para con los parámetros: pH, DBO, DQO, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, Sólidos Totales en Suspensión, olor, color (aspecto) y temperatura, así también para con el lodo residual (pH, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, olor, color (aspecto)). Los resultados demuestran que los microorganismos eficaces (EM) tuvieron efectos en el control del agua residual en los siguientes parámetros: aceites y grasas, DBO, color (aspecto), olor y coliformes termotolerantes, asimismo en términos de eficiencia, dichos microorganismos tuvieron efectos en la reducción de la DBO, DQO, sólidos totales y olor; obteniéndose mayor eficiencia a los 90 días después del tratamiento; mejorando de esta manera las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales; contrastándose estos resultados con la hipótesis, donde se plantea que, los microorganismos eficaces mejoran las condiciones fisicoquímicas y biológicas del agua residual; sin embargo, el efecto de los microorganismos eficaces sobre los parámetros de sólidos totales suspendidos y coliformes termotolerantes no permitieron que éstos se encuentren dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por D.S. 003-2010-MINAM ¹⁹.

En la tesis titulada “Influencia de los microorganismos eficaces (EM agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente del biorreactor de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales (PTAR) Concepción - 2018”, se tuvo como objetivo el determinar la influencia de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor, para ello se usaron 12 unidades experimentales separadas en grupos de 3, a las que se agregó dosis de EM Agua a un 4 %, 6 %, 8 % y unidades control; durante 39 días se hizo el seguimiento y control de los parámetros de campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica), dentro de los resultados obtenidos se tuvo la estabilidad de los parámetros de campo

como el pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, y la variabilidad de la temperatura. Además de la disminución de coliformes fecales, el incremento de contaminantes metálicos, la correlación directa del DBO y DQO con las dosis de EM Agua y la dispersión de los datos de aceites y grasas y sólidos totales en suspensión ²⁰.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua residual

El agua residual es aquella que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno ²¹.

Éstas provienen del sistema de abastecimiento de una población, por esta razón son líquidos de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas, industriales, de infiltración y pluviales. Las dos primeras son las más relacionadas con la contaminación del agua ²².

- Agua residual doméstica:

Las aguas residuales domésticas son aquellas provenientes de las actividades domésticas cotidianas como lavado de ropa, servicios higiénicos, preparación de alimentos, limpieza, etc., por lo cual son principalmente una combinación de heces humanas y animales, orina y agua gris. Presentan un alto contenido de materia orgánica, compuestos químicos domésticos (detergentes), compuestos clorados y microorganismos patógenos. En ocasiones, el agua generada por varias industrias puede entrar también en esta clasificación si no contiene una gran proporción de sustancias de síntesis química ²³.

Las aguas residuales domesticas se componen, básicamente, de un 99.9 % de agua en su estado conocido como de agua potable y de un 0.1 % por peso de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0.1 % de sólidos referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada ²⁴.

2.2.2. Tratamiento de aguas residuales

- Planta de tratamiento de aguas residuales

En su forma más simple, una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) evacúa sólidos, reduce la materia orgánica, los contaminantes y restaura la presencia de oxígeno. Los sólidos incluyen todo, desde trapos y maderas hasta arena y partículas pequeñas que se encuentran en las aguas residuales. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo usando bacterias útiles y otros microorganismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual. Las bacterias y los microorganismos son luego separados del agua. La restauración del oxígeno es importante ya que el agua debe tener suficiente oxígeno para sostener la vida.

Este proceso comprende de los siguientes tratamientos:

- Tratamiento primario: los desagües sanitarios o separados llevan las aguas residuales desde las casas y negocios a la planta de tratamiento; otros drenajes combinados llevan el agua de tormenta de los drenajes de aguas pluviales.
- Tratamiento secundario: el propósito del tratamiento secundario es completar el proceso de tal modo que se evacúe el 90% de los contaminantes.
- Tratamiento terciario: consiste en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales

pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

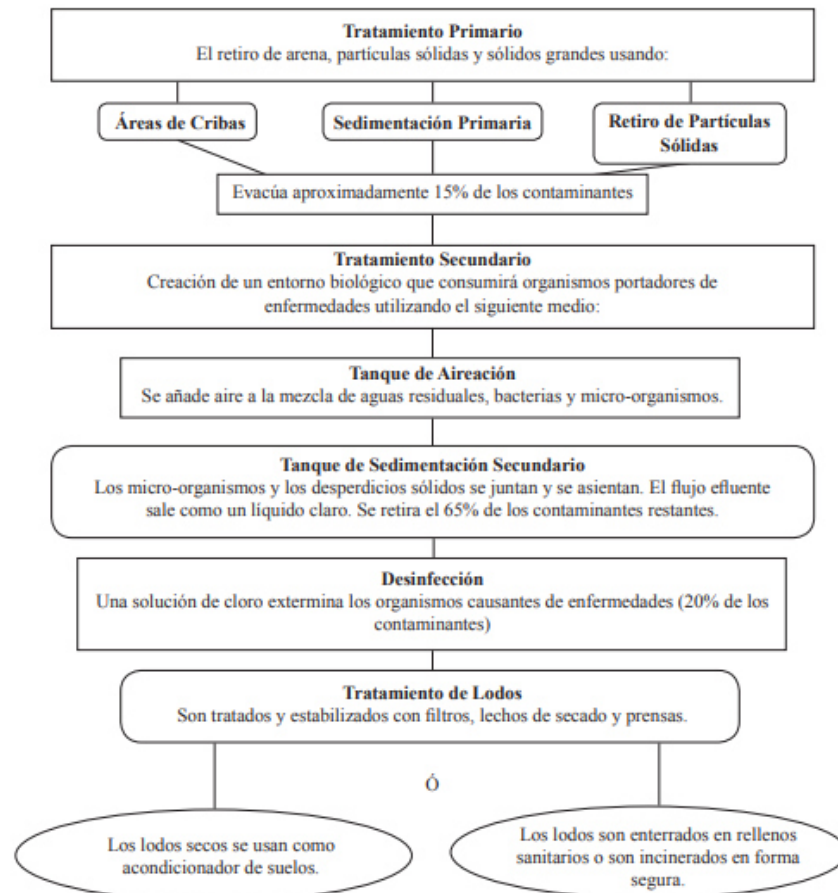


Figura 05. Proceso del tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Belzona ²⁵.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Quilcas tiene una tecnología convencional con una caudal promedio de 10 l/s, según la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) ²⁶. Entre los contaminantes fisicoquímicos se tiene:

- Aceites y grasas: la contaminación de aguas recreacionales con sustancias aceitosas puede ocurrir como resultado de causas naturales o antropogénicas. La vegetación en descomposición

(terrestre o acuática) en estado avanzado liberará grasa y subproductos aceitosos que producirán un brillo aceitoso en el agua. Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan.

- Coliformes termotolerantes: Los termotolerantes diferentes de *Escherichia coli* pueden proceder a aguas orgánicamente enriquecidas como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición. Se tiene aquí a microorganismos como la *E. coli* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Este grupo de organismos puede fermentar la lactosa entre 44 - 45 °C.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): es el parámetro de contaminación orgánica. Es el resultado de la degradación de tres tipos de materiales: materiales orgánicos carbónicos (microorganismos aerobios), nitrógeno oxidable (nitrosomas y nictrobacter), compuestos químicos reductores (se oxidan con el oxígeno disuelto).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/l y se emplea un oxidante (dicromato potásico) que se determina en tres horas y en la mayoría de los casos guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo, la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto, además de no suministrar información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales; el valor de la DQO es mayor que el de la DBO.
- Sólidos Suspendidos Totales (SST): los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez, gusto, color y olor del agua.

2.2.3. Microorganismos eficaces (EM)

EM es una solución que contiene varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, los cuales tienen diferentes funciones. Como el EM está compuesto por microorganismos, es una entidad viva. En la producción de compost, los microorganismos eficaces se utilizan como inoculante del material en la fase inicial y durante el proceso. Los EM son una tecnología desarrollada por el Doctor Teruo Higa en la década de los 80' en Okinawa, Japón. Este tipo de biotecnología fue usada en múltiples áreas de la ciencia agrícola, veterinaria, medio ambiente (específicamente en la remediación ambiental y tratamiento de agua), entre otros. La mayoría de los EM son heterotróficos, es decir, ellos requieren de fuentes orgánicas de carbón y nitrógeno. Los EM han sido más eficaces cuando está aplicado conjuntamente con enmiendas orgánicas para proporcionar carbón, oxígeno y energía. Contiene un gran número de microorganismos entre ellos bacterias fotosintéticas, levaduras, bacterias de ácidos lácticos y hongos. estos, los microorganismos eficaces es un producto comercial ²⁷.

- Componentes de los microorganismos eficaces:

Los microorganismos eficaces engloban a un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos. Éste contiene un alto número de levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y cantidades menores de otros tipos de organismos. Se incluyen también los actinomicetos, que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido. Debido a la amplia variedad de microorganismos presentes en el EM es posible que se lleven a cabo procesos de fermentación anaeróbica y degradación anaeróbica, así como la sana descomposición. Dentro de las funciones que realizan los principales grupos de microorganismos eficaces están: bacterias fotosintéticas, bacterias lácticas y levaduras ²⁷.

- Bacterias fotosintéticas: éstas bacterias hacen uso de la luz del sol como fuente de energía para realizar la fotosíntesis. También

tienen otras fuentes de energía como el calor del suelo ²⁷. Su función es la de ayudar a sintetizar sustancias útiles para las raíces, materia orgánica o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno). Algunas de las sustancias sintetizadas por las bacterias fotosintéticas son: aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, las cuales promueven el crecimiento y el desarrollo celular en las plantas. La temperatura óptima para su desarrollo o crecimiento de las bacterias fotosintéticas fluctúa entre los 30 a 37°C y con un pH entre 5.5 a 8.5 ²⁷. Las bacterias fotosintéticas presentes en este grupo son: *Rhodospseudomonas palustris* y *Rodobacter lactis*.

- Bacterias ácido lácticas: dentro de las funciones primordiales de estas bacterias está el producir ácido láctico, logrando así suprimir microorganismos dañinos (fusarium, nematodos, etc.). De igual forma, ayudan a promover la descomposición de la materia orgánica. Estas bacterias son sumamente importantes en los procesos de fermentación y descomposición de material como la lignina y la celulosa. Asimismo, juegan un papel muy importante ya que son las causantes del proceso de fermentación. Para su desarrollo y crecimiento de estas bacterias se debe asegurar un rango de temperatura ambiente de 30 a 37°C máximo de 5 días en una incubadora controlada ²⁷. La acción de las bacterias ácido lácticas en las aguas residuales se asocia con la disminución del pH cuando se aplican en las aguas contaminadas. Algunos microorganismos de este grupo son: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*.
- Levaduras: el rol de las levaduras en el EM es el de sintetizar sustancias antimicrobiales, aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas ²⁰. Estas son benéficas para el crecimiento de las plantas y sus raíces. Las sustancias bioactivas, como las hormonas y las enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división activa de células y raíces; estas secreciones también son sustratos útiles para microorganismos

eficaces como las bacterias lácticas y actinomicetos. La temperatura es un factor importante para su crecimiento y desarrollo ya que si se incrementa la temperatura es posible que haya una merma en su desarrollo y crecimiento; para que éstas puedan desarrollarse óptimamente la temperatura debe de ser 28.5°C. Para que se puedan desarrollar en condiciones anaerobias y aerobias el pH debe estar en un rango de 2.5 a 5.5. Las levaduras presentes en este grupo de microorganismos eficaces son: *Saccharomyces cerevisiae*, hongos, *Aspergillus oryzae* y *Mucor hiemalis*.

- Efectos del EM:

Los siguientes son algunos de los efectos benéficos de la aplicación del EM ²⁷:

- Interviene en la mejora del proceso de germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
- Evita que los suelos se contaminen y suprime los agentes patógenos causantes de enfermedades.
- Hay mayor fotosíntesis de los cultivos.
- Reduce los malos olores y por lo tanto se disminuye la utilización de desinfectantes.
- Se puede realizar abonos con desechos orgánicos.
- Permite elaborar abonos de mejor calidad con mayor rapidez.
- Trata aguas residuales entre ellas las aguas de riego.
- Mejora la calidad de los productos orgánicos.
- Baja las concentraciones de DQO y DBO.
- Mejora características físicas, químicas y biológicas de suelos y agua.

2.2.4. Marco legal

Los límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales tiene por finalidad el controlar los excesos los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes ²⁸. Todos los titulares de las Plantas de Tratamiento de Agua Residuales deben cumplir con esta normativa aplicando criterios como el de monitoreo de efluentes y afluentes, de conformidad con el programa de monitoreo donde debe estar especificado la ubicación de puntos de monitoreo, técnicas, los parámetros y la frecuencia de monitoreo ²⁸. Comprende 7 parámetros con sus unidades respectivas, expuestas en la tabla siguiente.

Tabla 02. *Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.*

| Parámetro | Unidad | LMP de efluentes para vertidos a cuerpo de agua |
|-------------------------------|------------|---|
| Aceites y grasas | mg/l | 20 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 10 000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/l | 200 |
| pH | Unidad | 6.5 - 8.5 |
| Sólidos Totales en Suspensión | ml/l | 150 |
| Temperatura | °C | < 35 |

Fuente: D.S. 003-2010-MINAM ²⁸.

2.2.5. Metodología

La tecnología EM en el tratamiento de aguas residuales es económica, segura y fácil de usar que ofrece resultados sostenibles en la descontaminación de agua, recuperación de lagos y ríos restaurando su equilibrio ecológico natural de cada ecosistema. El EM agua tiene una amplia gama de aplicaciones que van desde el tratamiento de efluentes agroindustriales a la descontaminación de ríos y lagos. El uso de la tecnología EM es adaptable a las condiciones existentes ²⁹.

- Activación del EM agua antes de aplicarlo:

Los microorganismos presentes en el EM agua se encuentran en estado de latencia, por lo que el producto necesita ser activado antes de su aplicación. Esta metodología consiste en que con 1 litro de EM agua se obtiene 20 litros de EM agua - activado, los cuales serán nuevamente, dosificados y diluidos en cada de las aplicaciones ²⁹. Para las regiones donde la condición climática de invierno se encuentra definida se recomienda que la activación del EM agua se haga en un lugar más caliente, donde se garantice una temperatura entre los 25 y 40°C para una perfecta fermentación del producto ²⁹.

- Dosis y modo de uso:

De acuerdo a BIOEM ²⁹ se usa 1 litro de EM agua por cada 10 000 litros de agua tratada, después de la aplicación es necesario esperar por lo menos un mes para evaluar los resultados. Si no hay resultados significativos se debe repetir la aplicación y nuevamente esperar un mes. Una vez que se alcancen los resultados esperados, hay necesidad de dar mantenimiento al sistema en este caso, realizar aplicaciones mensuales de 1 litro de EM agua - activado para cada 10 000 litros. El método de aplicaciones, así como las dosis, puede variar de acuerdo con las condiciones del sistema local y principalmente de los costos. Este concepto de basa en que, cuanto más microorganismo eficaz hay en el sistema, más eficaz y rápido será el proceso de purificación y restauración del agua tratada.

- Tratamiento choque:

Para sistemas con DBO entre 2 000 y 1 000 mg/l, se utiliza una dosis de 1 litro de EM agua - activado para cada 500 litros del volumen total de las lagunas o sistemas de tratamiento ²⁹. Para sistemas con DBO inferiores a 1 000 mg/l se utiliza una dosis de 1 litro de EM agua - activado para cada 1 000 litros del volumen total de las lagunas o sistemas de tratamiento ²⁹.

2.3. Definición de términos básicos

- a) Agua residual doméstica: son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana. (D.S. N° 001-2010-Ag, Artículos 132.1 Y 132.2). Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos ³⁰.
- b) Agua servida o residual: desecho líquido proveniente de las descargas por el uso de agua en actividades domésticas o de otra índole. (D.S. N° 023-2005-Vivienda, Artículo 4). Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud ³⁰.
- c) Coliformes: bacterias gram negativas de morfología bacilar, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales ³¹.
- d) Condición anaeróbica: se denominan aerobios o aeróbicos a los organismos que pueden vivir, desarrollarse y biosintetizar sin presencia de oxígeno. La materia orgánica contenida en las aguas residuales, puede ser eliminado aprovechando la actividad metabólica de los microorganismos de bacterias y algas ³².
- e) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua, por la población microbiana a lo largo de cinco días de incubación DBO₅ ³².
- f) Demanda Química de Oxígeno (DQO): se trata de un ensayo empleado para la medida del contenido en materia orgánica de una muestra de agua residual. Como agente oxidante se emplea una sustancia química, como el dicromato, fuertemente oxidante en medio ácido y a elevada temperatura ³².
- g) Eficiencia de tratamiento (remoción): es la relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración inicial en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentajes ³³.
- h) Efluente: descarga líquida de materiales de desecho en el ambiente, el cual puede estar tratado o sin tratar. Generalmente se refiere a aguas contaminadas. (D.S. N° 044-98-PCM, Derogado. Aplicable para Efectos de Interpretación). Reglamento Nacional para la aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles. Fluido acuoso, puro o con

sustancias en solución o suspensión producto de la actividad pesquera o acuícola, que se considera residuo. (D.S. Nº 012-2001-PE, Artículo 151).

Reglamento de la ley General de Pesca. i) Condición aeróbica: se denominan aerobios o aeróbicos a los organismos que pueden vivir, desarrollarse y biosintetizar en presencia de oxígeno ³¹.

- i) Microorganismos eficaces: los microorganismos eficaces comprenden una gran diversidad microbiana representada por bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con actividad fermentativa ³⁴.
- j) Potencial de hidrógeno (pH): El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio H_3O^+ presentes en determinadas disoluciones. La presencia de moléculas orgánicas está determinada por la concentración de iones hidrógeno (pH) ³⁵.
- k) Temperatura: medida de energía cinética media de sus moléculas. Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera ³⁶.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

La preocupación central en esta investigación es determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, con la intención de que se replique en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de todo el país en tal sentido el método científico se orienta en el desarrollo y alcance del estudio. El método científico se caracteriza por ser fáctico, parte de los hechos de la realidad, trasciende los hechos, traspasa de lo particular y concreto hacia lo conceptual, se atiene a reglas metodológicas una metodología comprende la aplicación de operaciones, estrategias, normas y procedimientos, fijados de antemano, con sus técnicas e instrumentos. Asienta su propósito en la comprobación de la verdad de una acción, es autocorrectivo y progresivo; sus conclusiones expresan conceptos y teorías, según el tipo de investigación y la ciencia en que se trabaja ³⁷.

Así también, se aborda el empleo del nivel explicativo de la investigación y de diseño experimental. Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables ³⁸. Complementariamente, la investigación se estructura con el método

experimental (diseño), donde se incluyen los métodos de muestreo, así como las variables consideradas, métodos de laboratorio, en caso de ser requerido, las técnicas de laboratorio, método de gabinete, considerando en forma sistemática desde la obtención de resultados hasta su evaluación ³⁹.

3.1.1. Método específico de la investigación

Para obtener los objetivos planteados, la presente investigación tiene como método específico al método de campo de diseño experimental, considerando en forma sistemática desde la obtención de resultados hasta su evaluación, considerando también estadígrafos utilizados ³⁹ donde se observó el efecto de la aplicación de los microorganismos eficaces en las 12 unidades experimentales, utilizando agua residual de la matriz de agua residual municipal - ARD (previa caracterización en coordinación con el profesional a cargo de la PTARD); éstas fueron agrupadas en 4 grupos de 3 unidades cada de los 4 grupos un grupo como muestra testigo (sin aplicación); cada una de las unidades experimentales están codificadas según la dosis de aplicación de microorganismos eficaces previamente activados como se muestra en la figura siguiente.

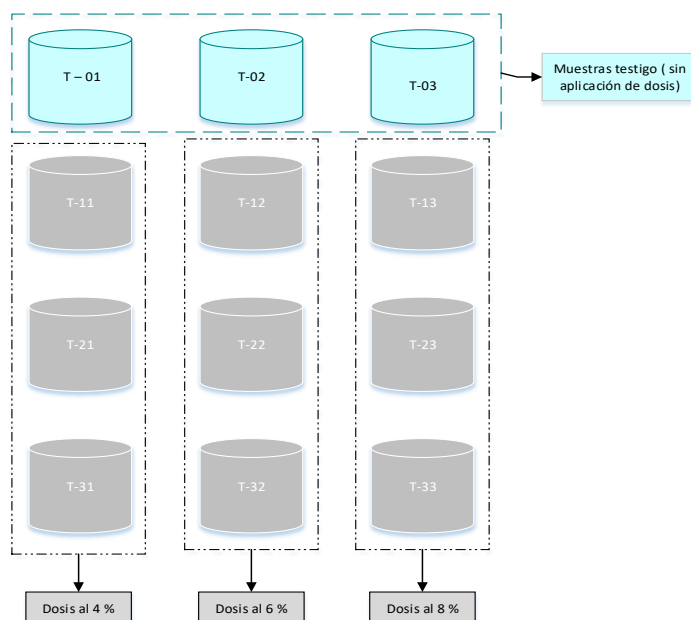


Figura 06. Distribución de las unidades experimentales y unidades de control.

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Tipo de la investigación

En la presente investigación se emplearon teorías, leyes físicas y químicas para llegar al objetivo, en ese sentido la investigación es de tipo aplicada.

La investigación aplicada tiene como objeto el estudio un problema destinado a la acción, concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales y destinan sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantean la sociedad, además de la resolución de problemas prácticos inmediatos. La investigación aplicada integra una teoría antes existente de muchas ciencias, puesto que el problema es algo concreto y no se le puede resolver mediante la aplicación de principios abstractos de una sola ciencia ⁴⁰.

3.1.3. Nivel de la investigación

La investigación tiene por objeto determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, buscamos la relación causa efecto en ese sentido la investigación es de nivel explicativo, ya que se abarca más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables ³⁸.

3.2. Diseño de la investigación

En el presente estudio se establecen relaciones de causa - efecto entre las variables para responder a la pregunta de por qué. Las causas reales que producen un fenómeno, en ese sentido el diseño es experimental empleando diseños de un grupo con medición antes y después.

En la investigación de diseño experimental, el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Los métodos experimentales son los adecuados para poner a prueba hipótesis de relaciones causales ⁴¹.

En los diseños experimentales se deben considerar cuatro aspectos: selección aleatoria, la manipulación, control y asignación al azar ⁴²:

- La selección aleatoria hace referencia a que las muestras en el experimento hayan sido seleccionados de forma aleatoria, es decir, que el método utilizado para incorporar a las unidades experimentales al experimento garantice que todos aquellos que sean de interés para el experimento hayan tenido la misma probabilidad de ser seleccionados para el estudio.
- La manipulación se refiere a que algo en el medio ambiente, o en las condiciones naturales del fenómeno, se cambia a propósito por el investigador.
- El control se utiliza para prevenir que otros factores externos puedan influir en el resultado del estudio.
- La asignación al azar hace referencia al uso de grupos de control en el experimento, este grupo de sujetos se convierte en una referencia ya que ellos no se someten al tratamiento, sino que se dejan en las condiciones naturales en las que ocurre el fenómeno; por otro lado, los sujetos sometidos al tratamiento se llaman grupos experimentales. En tal sentido, en un experimento se trata, siempre que sea posible, que la asignación de sujetos a estos grupos sea al azar.

El diseño específico experimental para la investigación es un diseño completamente al azar con un total de 3 tratamientos cada uno con 3 repeticiones y 3 unidades son tratamientos (testigo), haciendo un total de 12 unidades experimentales. Dichos tratamientos se exponen en la siguiente tabla, considerando desde ya los porcentajes (%) de dosis de aplicación para cada EM agua, así como la presentación del testigo (sin EM agua).

Tabla 03. *Tratamiento de las unidades experimentales.*

| Nº | Tratamiento |
|----|--------------------------|
| 1 | Agua residual + EM (4 %) |
| 2 | Agua residual + EM (6 %) |
| 3 | Agua residual + EM (8 %) |
| 4 | Agua residual (Sin EM) |

Fuente: elaboración propia.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población está constituida por toda el agua residual del filtro biológico para el tratamiento biológico e inoculación de los microorganismos eficaces. La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio ⁴³.

3.3.2. Muestra

La población está constituida por 12 unidades de contenedor de agua residual; cada contenedor con 18 litros de agua residual haciendo un total de 216 litros para el tratamiento biológico y aplicación de los microorganismos eficaces. La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible ⁴³.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de investigación, herramientas y procedimientos disponibles para la investigación que nos permiten obtener datos e información y obtener resultados es la técnica del experimento y la observación. Para el estudio se utilizó el agua residual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas; se realizó una caracterización previa de las aguas residuales que ingresan a la PTARD se tomaron las muestras a la salida del desarenador porque según el protocolo de monitoreo de calidad de efluentes de las PTARD, el punto de monitoreo de afluentes debe ubicarse preferencialmente donde se evite la interferencia de sólidos de gran tamaño. El proceso primario de una PTARD solo tiene como finalidad de separar materiales de gran tamaño bajo procesos de sedimentación, cribado, digestores, etc. Por esas razones se tomó la caracterización como línea base de la investigación ²⁵.

Para la preparación de los tratamientos o unidades experimentales se utilizó agua residual específicamente del filtro biológico; se utilizó 12 baldes de capacidad de 20 litros, los cuales se sacó 18 litros de agua residual para cada balde haciendo un total de 216 litros de agua residual utilizados, los 12 baldes fueron divididos en 4 grupos cada grupo de 3 unidades, donde se codificó en: T0, T1, T2 y T3, a cada grupo se le aplicaron las dosis de EM agua activado y a un grupo sin aplicación, al final del proceso se tomó muestras de 1 litro de cada unidad por grupo en proporción de forma aleatoria. El diseño experimental fue completamente al azar hasta completar 3 litros por grupo, obteniéndose 4 muestras de 3 litros cada uno; éstas fueron destinadas para el análisis de los parámetros en estudio. Durante el proceso de remoción se evaluaron los datos de temperatura y pH por un periodo de 39 días las mediciones se realizaron de manera interdiaria ⁴².

Para el análisis de datos emplearemos métodos estadísticos descriptivos y los métodos estadísticos inferenciales, de modo que los resultados y conclusiones sean objetivos y confiables en la investigación utilizamos el software estadístico IBM SPSS 25.

En este punto se describen las distintas operaciones a las que fueron sometidos los datos que se cotejaron: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. En lo referente al análisis, se definen las

técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis, síntesis), o estadísticas (descriptivas o inferenciales), que fueron empleadas para descifrar lo que revelan los datos que sean recogidos ⁴⁴.

- Ubicación:

La PTARD está ubicada en el distrito de Quilcas, provincia de Huancayo, región Junín.



Figura 07. Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas.

Fuente: Google/Extensión Maps.

Las características de la zona respecto sus coordenadas se reportan en la siguiente tabla.

Tabla 04. *Coordenadas del área de estudio.*

| Coordenadas UTM |
|--------------------|
| Norte: 8754400 |
| Este: 536000 |
| Altitud: 3214 msnm |

Fuente: elaboración propia.

- Equipos y materiales utilizados

Para la toma de muestra de línea base se usaron los siguientes:

- Multiparámetro de marca Hanna para toma de datos de campo.
- Un cooler.
- Equipos de Protección Personal (guantes, mascarilla y guardapolvo).
- Útiles de escritorio (lapiceros, libreta de apuntes, etc.).
- Dos baldes de plástico desinfectado previamente.
- Un medidor de plástico.

Para el envío de las muestras de línea base al laboratorio se utilizaron:

- Los materiales están contemplados en la cadena de custodia del laboratorio y éstas cumplen con el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas (PTARD) o Municipales determinado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), lo cual se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 05. *Materiales para la toma de muestra de la línea base.*

| Parámetro | Tipo de envase | Tamaño mínimo para la muestra | Preservante |
|--------------------------------------|--|-------------------------------|--|
| DBO | Plástico | 1 litro | No requiere |
| Aceites y Grasas | Vidrio color ámbar boca ancha con tapa rosca | 500 ml | 1 ml o 20 gotas de ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ |
| Solidos Totales | Plástico | 500 ml | No requiere |
| Coliformes fecales o termotolerantes | Plástico esterilizado | 500 ml | No requiere |
| DQO | Plástico | 120 ml | 0.3 ml o 6 gotas de ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ |

Fuente: elaboración propia.

- Para la parte experimental se usaron los siguientes:
 - 12 baldes de capacidad de 20 litros.
 - Un medidor de plástico.
 - Equipos de Protección Personal (guantes, mascarilla y guardapolvo).
 - Una varilla de vidrio.

- Para la activación de EM agua se usaron los siguientes:
 - Un balde con tapa de capacidad de 20 litros.
 - Equipos de Protección Personal (guantes, mascarilla y guardapolvo).
 - Un litro Maleza de caña.
 - Un litro Microorganismos Eficaces (EM agua).
 - 18 litros de agua.
 - Una bolsa plástica negra.

- Para el envío final al laboratorio (después de la fase de experimentación) se usaron los siguientes:
 - Para el análisis de coliformes fecales o termotolerantes: 04 envases de plástico esterilizado de capacidad de 500 ml.
 - Para el análisis de DBO: 04 envases de plástico de capacidad de 1 litro.
 - Una varilla de vidrio.
 - Un medidor de plástico.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el procedimiento de cada una de la etapa de organizó en: Fase pre - campo: condiciones iniciales, Fase de campo: activación de EM agua, preparación de unidades experimentales, aplicación de EM agua activado, seguimiento de las unidades experimentales y toma de muestras finales y Fase de gabinete: procesamiento y análisis de datos.

- Fase de pre - campo: coordinaciones con las autoridades de la PTARD de Quilcas los permisos correspondientes para la ejecución del proyecto de investigación y reconocimiento del área de estudio:
 - Se realizó el reconocimiento del área de estudio, un recorrido por toda la zona identificado los procesos de tratamiento del agua residual como se ve en la siguiente figura.

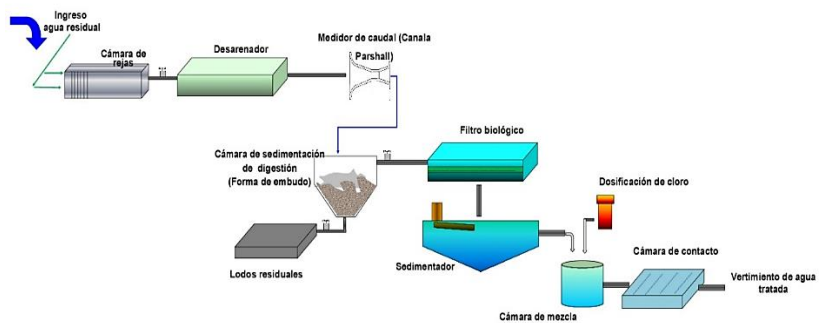


Figura 08. Diagrama de procesos de la PTARD del distrito de Quilcas.

Fuente: elaboración propia.

- Para la toma de muestras de la línea base:
 - Se coordinó para la toma de muestras de línea base con el encargado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas.
 - Se coordinó con el laboratorio Inspectorate Services Peru S.A.C. para él envió de los materiales para la recolección de las muestras.
 - La toma de muestra se realizó a las 17:30 horas, de la matriz agua residual municipal - ARD.
 - Las muestras fueron tomadas después del desarenador ya en este proceso físico tiene como fin retirar de partículas sólidas y no existe influencia de la remoción de los parámetros de la investigación (actividad microbiana) ²⁵. El sistema primario de la PTARD del distrito de Quilcas es deficiente ya que el flujo aún existe residuos en gran capacidad. Se tomaron muestras para todos los parámetros que estipula el Decreto Supremo

N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

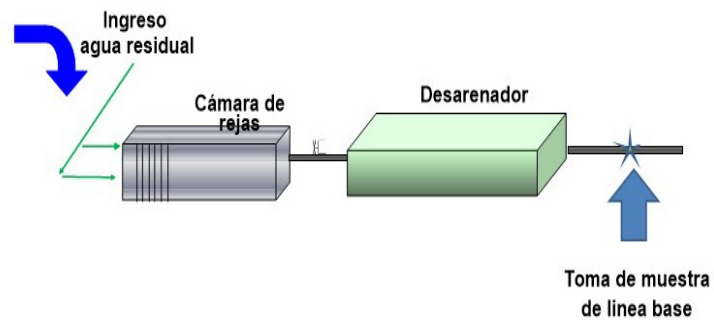


Figura 09. Ubicación de toma de muestra de línea base.

Fuente: elaboración propia.

- Se llevaron 5 muestras al laboratorio Inspectorate Services Peru S.A.C. en la ciudad de Lima previa cadena de custodia.
- Fase de campo: se realizó la activación de EM agua, dosificación del EM activado, seguimiento y control de las unidades experimentales.

Para la activación de EM Agua se realizó lo siguiente:

- Se adquirió de un proveedor autorizado de 1 litro de Microorganismos Eficaces de marca BIOEM y 1 litro de melaza de caña (líquido residual que queda tras la cristalización del azúcar de caña y tiene una textura espesa y viscosa).
- Se adquirió 18 litros de agua (sin cloro).
- Se compró un balde de capacidad de 20 litros.
- Se topó herméticamente y debidamente sellado.
- Se colocó en un lugar seguro de la PTARD a temperatura ambiente.
- Para el tercer día se destapó solo una pequeña proporción para quitar el gas que se estaba generando.

- Para el quinto día se observó la presencia de una capa blanca que según el manual de uso son indicadores de la activación, también se detectó un olor agridulce.
- Al séptimo día con ayuda de una pHmetro se monitoreo el pH y se obtuvo como resultado 3.9.
- Al verificar todos los indicadores, se concluye que está listo para su uso el EM agua activado.

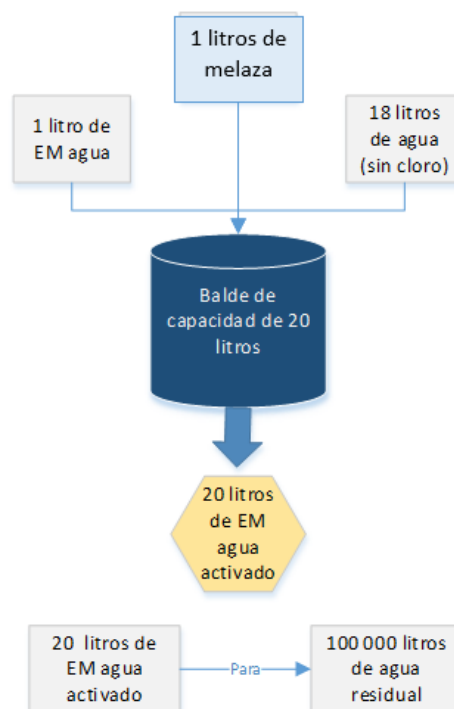


Figura 10. Esquema de activación de EM agua.

Fuente: elaboración propia.

Sobre las unidades experimentales:

- Se coordinó con el encargado de la PTARD para elaborar las unidades experimentales.
- Se adquirió 12 baldes de capacidad de 20 litros que se destinó para las unidades experimentales.
- Se retiró muestras de 18 litros para cada unidad experimental de la entrada de filtro biológico ya que en este proceso se lleva a cabo la actividad microbiana.

- Los 12 baldes se colocaron en una zona segura del lecho de secado de lodos.
- Se precedió a codificar cada balde: T0, T1, T2, T3.
- Se realizó la medición de los parámetros de campo: pH, temperatura.

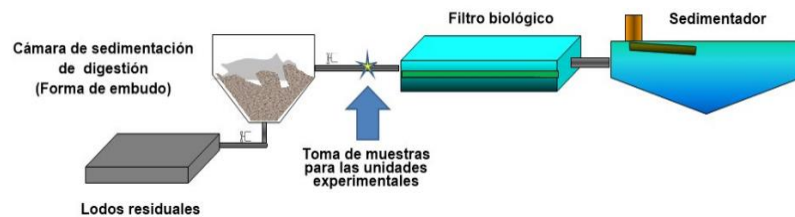


Figura 11. Ubicación de toma de muestra para las unidades experimentales.

Fuente: elaboración propia.

Aplicación choque de EM agua activado:

- Antes de inocular EM agua activado se hizo la medición de campo de las unidades experimental: pH y temperatura.
- La dosificación se realizó como se muestra en la tabla siguiente.
- Las 12 unidades experimentales se colocaron en una zona segura del lecho de secado de lodos a temperatura ambiente.
- Se realizó la medición de los parámetros de campo (después de la aplicación): pH, temperatura.
- Se coordinó con el encargado de la PTARD que se remueva cada 3 horas con una varilla previamente limpia a cada unidad experimental.

Tabla 06. Dosis de EM agua activado.

| EM agua activado | |
|------------------|-------------|
| % de dosis | ml de dosis |
| 4 % | 37.5 ml |
| 6 % | 56. 25 ml |
| 8 % | 75 ml |

Fuente: elaboración propia.

Sobre el control:

- El control de los parámetros de campo (pH y temperatura) de desarrolló cada 2 días por un período de 39 días ya que así indica el manual de uso de EM agua y de referencias a otras investigaciones que se realizó en la región.

Sobre las muestras finales:

- Se coordinó con el laboratorio Inspectorate Services Perú S.A.C. para el envío de los materiales para la recolección de las muestras.
 - Se tomó de cada unidad experimental muestras representativas 1 litro para luego homogenizarlo (por cada grupo de dosis).
 - Se tomó las muestras a las 15:00 horas.
 - Se puso cada muestra en frascos de plásticos.
 - Se rotularon cada muestra para el envío.
 - Se enviaron para la ciudad de Lima previa cadena de custodia.
- Fase de gabinete: al finalizar el experimento se procesaron los resultados obtenidos y, se analizarán los datos a través del análisis descriptivo de estadísticos y gráficos, además el análisis estadístico inferencial ambos con el software IBM SPSS.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Parámetros iniciales de la muestra

Se realizó las distintas pruebas a la muestra en un laboratorio acreditado para tener una línea de base en el análisis de desarrollo de las pruebas, siendo los resultados como sigue:

Tabla 07. *Resultados de los parámetros analizados en la línea base.*

| Ensayo | Valor | Unidad | Método (Norma de referencia) |
|--|---------|---------------------|---|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 1 356.1 | mg/l O ₂ | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. |
| Material Extractable en Hexano; Aceites y Grasas | 55.3 | mg/l | EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. |
| Sólidos Totales | 1 610.0 | mg/l | EPA Method 160.3 1999 Residue, Total (Gravimetric, Dried at 103-105 ° C) |

| | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------|--|
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | >160 000 | NMP/100ml | SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 9221 E, 23rd Ed.2017.Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |
| Demanda Química de Oxígeno | 2 402.3 | mg/l O2 | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C. 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Titrimetric Method. |

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Análisis de la normativa ambiental asociada con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTARD con los parámetros de línea base

El Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que establece los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales tiene como fin de mostrar las concentraciones de los parámetros físicos químicos y biológicos, que al ser excedidas causa o puede causar daños en la salud y medio ambiente. Este cumplimiento es exigible legalmente para todas las PTAR del Perú. Bajo esta premisa en la figura 12 se presenta el resultado de línea base del parámetro de DBO con respecto del mencionado Decreto Supremo.

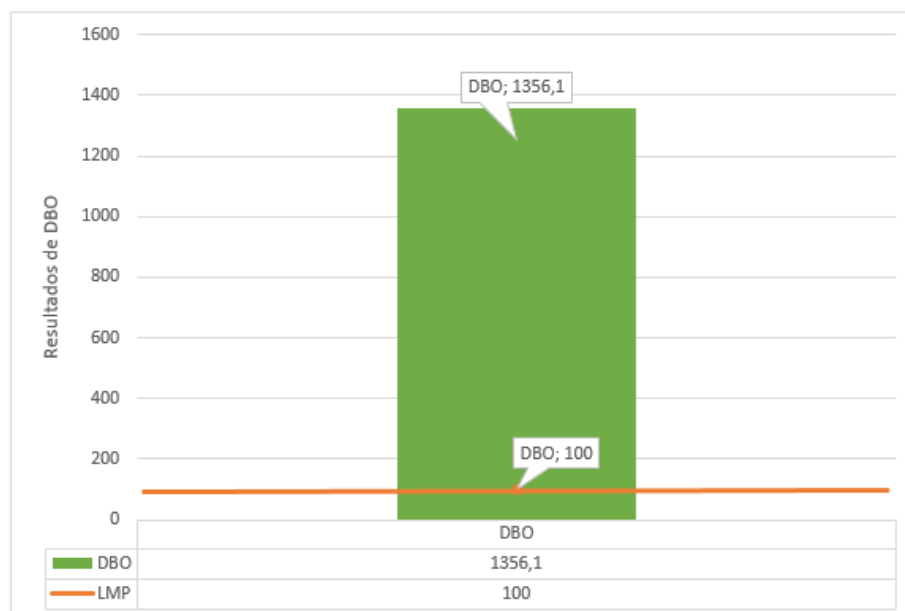


Figura 12. Límites Máximos Permisibles para DBO.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 12 se evidencia que el valor de DBO de línea base excede considerablemente con respecto a los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Asimismo, se evidencia la contaminación orgánica como resultado de la degradación de materia orgánica carbónicos, nitrógeno oxidable y otros compuestos químicos (que se oxidan con el oxígeno disuelto).

En la figura 13 se presenta el resultado de línea base del parámetro de Aceites y Grasas con respecto al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

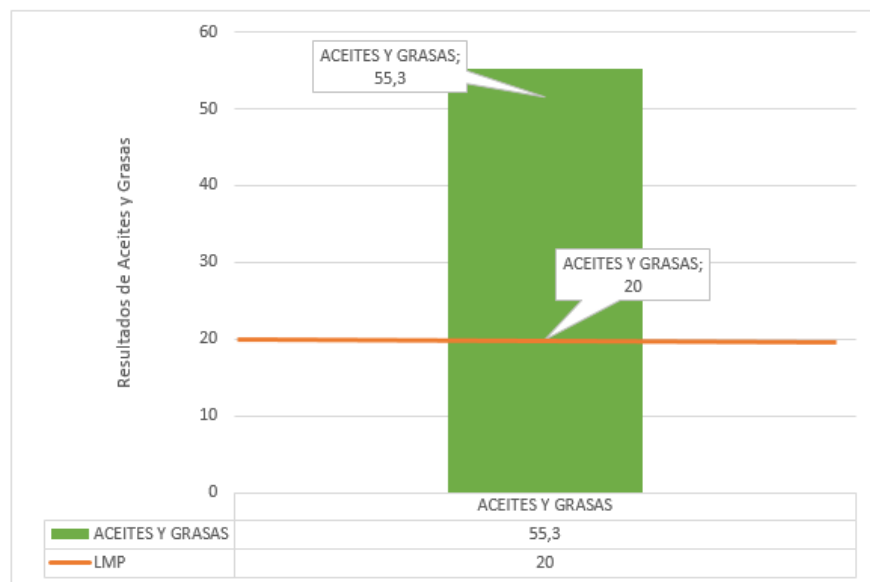


Figura 13. Límites Máximos Permisibles de material extractable en hexano: aceites y grasas.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se evidencia que el valor de Aceites y Grasas de línea base excede considerablemente con respecto a los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Asimismo, se evidencia que existe un escenario de contaminación del agua por sustancias aceitosas que pueden suceder como resultados de causas naturales (vegetación en descomposición) o antropogénicas (industrias lácteas en la zona).

En la figura 14 se presenta el resultado de línea base del parámetro de Sólidos Totales con respecto al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

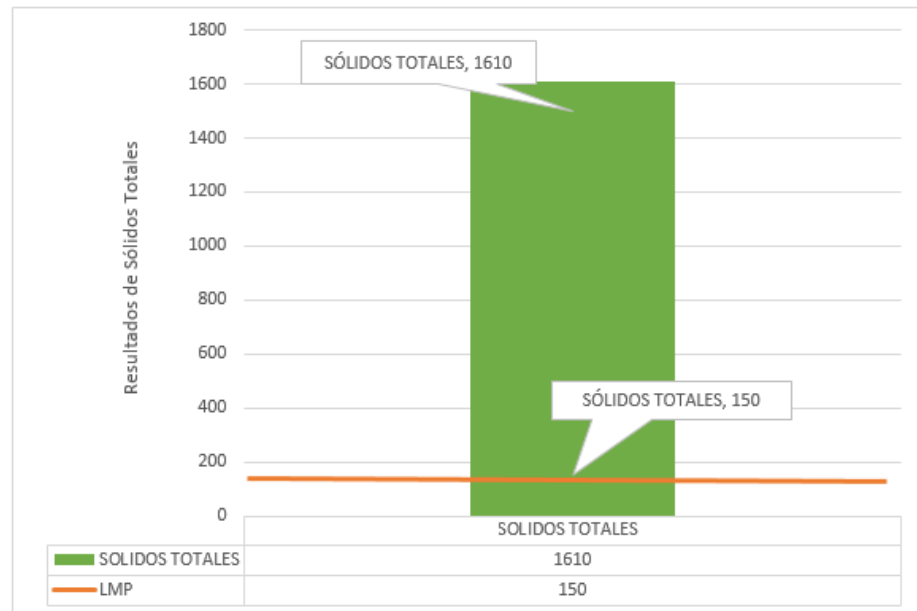


Figura 14. Límites Máximos Permisibles de Sólidos Totales.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 14 se evidencia que el valor de Sólidos Totales de línea base excede considerablemente con respecto a los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Asimismo, se evidencia la contaminación de agua por los materiales en suspensión o disueltos, lo cual se pudo observar visiblemente en el agua, incluyendo turbidez y claridad.

En la figura 15 se presenta el resultado de línea base del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes con respecto al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

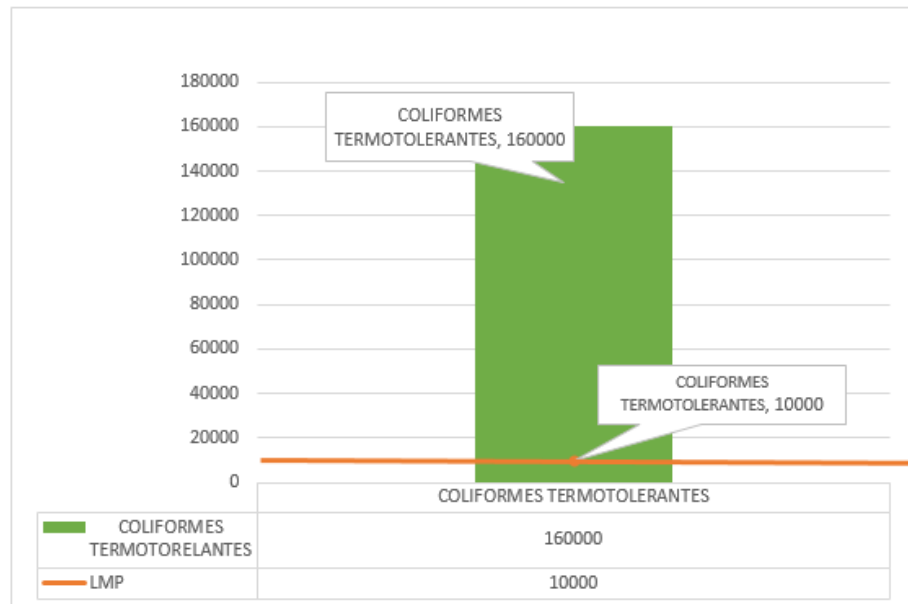


Figura 15. Límites Máximos Permisibles de coliformes fecales o termotolerantes.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 15 se evidencia que el valor de Coliformes Fecales o Termotolerantes de línea base excede considerablemente con respecto a los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Asimismo, se evidencia la contaminación biológica procedentes de aguas orgánicamente enriquecida como efluentes de materias vegetales, suelos descompuestos y descomposición de subproductos orgánicos (heces):

En la figura 16 se presenta el resultado de línea base del parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) con respecto al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

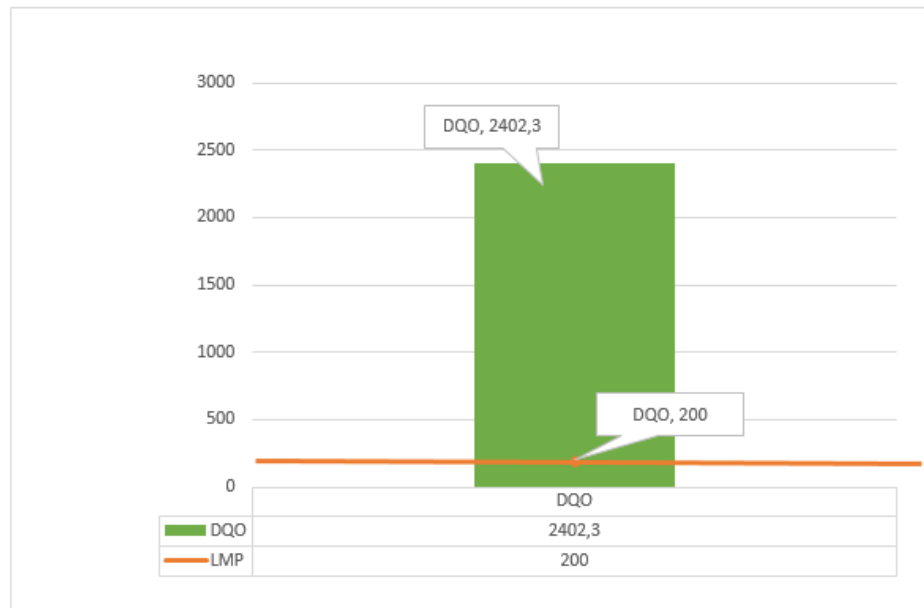


Figura 16. Límites Máximos Permisibles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Fuente: elaboración propia.

En la figura 16 se evidencia que el valor de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de línea base excede considerablemente con respecto a los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Asimismo, se evidencia la contaminación por la oxidación química de materia orgánica e inorgánica porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

4.1.3. Parámetros finales de las unidades experimental

Después de la fase de experimentación las muestras se llevaron a analizar a un laboratorio acreditado, obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 08. Resultados finales con respecto a la dosis de EM agua activado.

| Dosis de EM agua activado (%) | DBO (mg/l O ₂) | Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/100ml) |
|-------------------------------|----------------------------|--|
| Testigo | 406.3 | 160 000 |
| 4 % | 132.4 | 160 000 |

| | | |
|-----|------|---------|
| 6 % | 86.6 | 160 000 |
| 8 % | 1.9 | 160 000 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 8 se muestran los resultados finales de las unidades experimentales después de la aplicación (dosis) de EM agua activado; se evidencia la reducción en el parámetro de DBO y no existe evidencia de reducción en el parámetro de coliformes fecales o termotolerantes.

4.1.4. Análisis de la normativa ambiental asociada con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTARD con los parámetros finales de las unidades experimentales

En la figura 17 se muestran los resultados finales de las unidades experimentales para el parámetro de DBO con respecto al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

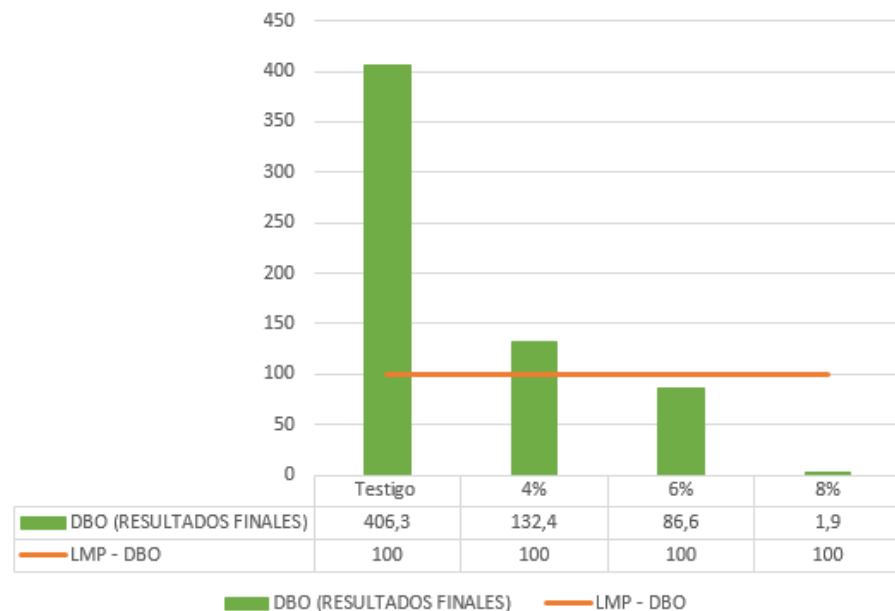


Figura 17. Resultados finales de DBO con respecto a los LMP.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 17 se evidencia la notable disminución del parámetro de DBO con respecto a la dosis de EM agua activado; a mayor cantidad de dosis de EM agua activado mayor es la remoción del parámetro DBO. Asimismo, se evidencia que en la dosis 6 % y 8 % no superan los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

En la figura 18 se muestran los resultados finales de las unidades experimentales para el parámetro de Coliformes Termotolerantes con respecto al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

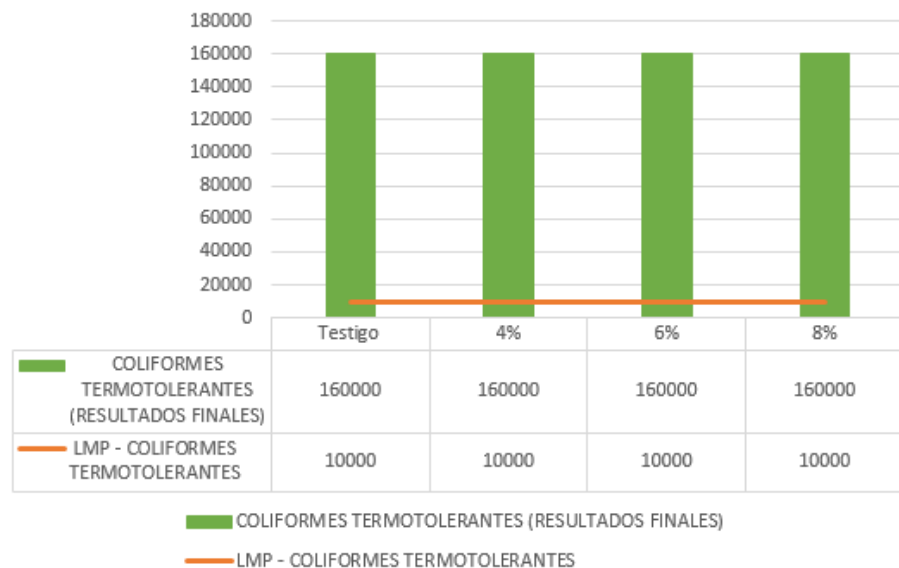


Figura 18. Resultados finales de coliformes termotolerantes con respecto a los LMP.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 se evidencia que no hubo resultados significativos para el parámetro de Coliformes Termotolerantes en ninguna de las aplicaciones (dosis) de EM agua activado.

4.1.5. Variabilidad de las temperaturas en los tratamientos

La prontitud o velocidad de la degradación en una PTARD (tratamiento biológico) depende también de la temperatura ya que en un aumento de temperatura habrá una mayor rapidez de degradación y en caso contrario si hubiera una disminución de temperatura a menos de 13 °C, lo cual reduciría la actividad microbiana ⁴⁵. Por aquel motivo se realizó el control de la temperatura de manera inter diaria en un intervalo de 39 días y presenta variabilidad en los distintos tratamientos.

Tabla 09. *Resumen de la variabilidad de temperaturas.*

| DIA | FECHA | TEMPERATURA (°C) | | | |
|-----|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | T0 (promedio) | T1 (promedio) | T2 (promedio) | T3 (promedio) |
| 0 | 30/09/2019 | 23.96 | 23.85 | 22.62 | 22.54 |
| 2 | 2/10/2019 | 19.42 | 20.45 | 20.74 | 20.77 |
| 4 | 4/10/2019 | 19.81 | 20.82 | 20.79 | 20.7 |
| 7 | 7/10/2019 | 19.97 | 20.79 | 20.21 | 20.22 |
| 9 | 9/10/2019 | 19.88 | 20.44 | 20.39 | 20.33 |
| 11 | 11/10/2019 | 20.32 | 20.66 | 20.84 | 20.77 |
| 14 | 14/10/2019 | 23.58 | 22.46 | 22.49 | 22.66 |
| 16 | 16/10/2019 | 19.08 | 18.68 | 18.97 | 19.63 |
| 18 | 18/10/2019 | 20.68 | 20.96 | 20.83 | 20.77 |
| 21 | 21/10/2019 | 20.63 | 20.01 | 20.26 | 20.45 |
| 23 | 23/10/2019 | 21.9 | 21.37 | 21.66 | 21.54 |
| 25 | 25/10/2019 | 16.09 | 16.32 | 16.48 | 16.81 |
| 28 | 28/10/2019 | 21.83 | 22.63 | 22.22 | 21.93 |
| 30 | 30/10/2019 | 21.74 | 22.77 | 22.87 | 22.87 |
| 31 | 1/11/2019 | 20.11 | 20.66 | 20.47 | 20.84 |
| 33 | 3/11/2019 | 20.98 | 22.55 | 22.78 | 22.67 |
| 35 | 5/11/2019 | 20.53 | 19.82 | 19.76 | 20.03 |
| 37 | 7/11/2019 | 20.3 | 21.42 | 21.56 | 21.68 |
| 39 | 9/11/2019 | 17.05 | 17.51 | 17.36 | 17.65 |

Fuente: elaboración propia.

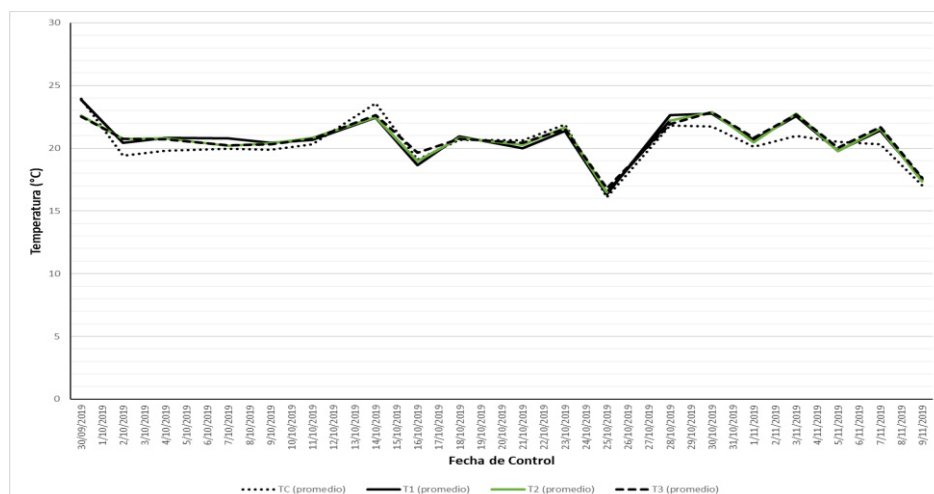


Figura 19. Variabilidad de la temperatura en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 19 se presenta el comportamiento de las temperaturas promedios en los distintos tratamientos de manera homogénea teniendo la menor temperatura el día 25 (25 de octubre) de tratamiento y el más alto se presenta en el día 14 de tratamiento (14 de octubre). Esta variabilidad es óptima ya que la temperatura debe oscilar entre 16°C a 23 °C para haya una actividad microbiana de microorganismos eficaces ²⁷.

4.1.6. Variabilidad del pH en los tratamientos

El indicador para evaluar la actividad microbiana de los microorganismos eficaces es el pH, ya que cada bacteria presente tiene un intervalo de pH para su crecimiento y desarrollo; la medición de pH se realizó de manera inter diaria y presenta variabilidad en los distintos tratamientos ⁴⁵.

Tabla 10. Resumen de la variabilidad de pH.

| DIA | FECHA | TEMPERATURA (°C) | | | |
|-----|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | T0 (promedio) | T1 (promedio) | T2 (promedio) | T3 (promedio) |
| 0 | 30/09/2019 | 6.54 | 5.64 | 4.68 | 4.39 |

| | | | | | |
|----|------------|------|------|------|------|
| 2 | 2/10/2019 | 6.55 | 5.64 | 4.68 | 4.40 |
| 4 | 4/10/2019 | 6.57 | 5.64 | 4.69 | 4.42 |
| 7 | 7/10/2019 | 6.61 | 5.66 | 4.70 | 4.43 |
| 9 | 9/10/2019 | 6.61 | 5.65 | 4.71 | 4.44 |
| 11 | 11/10/2019 | 6.63 | 5.67 | 4.72 | 4.45 |
| 14 | 14/10/2019 | 6.65 | 5.68 | 4.72 | 4.49 |
| 16 | 16/10/2019 | 6.68 | 5.70 | 4.73 | 4.51 |
| 18 | 18/10/2019 | 6.72 | 5.71 | 4.74 | 4.52 |
| 21 | 21/10/2019 | 6.75 | 5.71 | 4.74 | 4.54 |
| 23 | 23/10/2019 | 6.76 | 5.72 | 4.74 | 4.56 |
| 25 | 25/10/2019 | 6.80 | 5.73 | 4.76 | 4.59 |
| 28 | 28/10/2019 | 6.84 | 5.75 | 4.76 | 4.63 |
| 30 | 30/10/2019 | 6.87 | 5.75 | 4.78 | 4.64 |
| 31 | 1/11/2019 | 6.90 | 5.77 | 4.80 | 4.66 |
| 33 | 3/11/2019 | 6.90 | 5.78 | 4.81 | 4.69 |
| 35 | 5/11/2019 | 6.99 | 5.79 | 4.83 | 4.70 |
| 37 | 7/11/2019 | 6.99 | 5.79 | 4.83 | 4.72 |
| 39 | 9/11/2019 | 7.10 | 5.80 | 4.84 | 4.75 |

Fuente: elaboración propia.

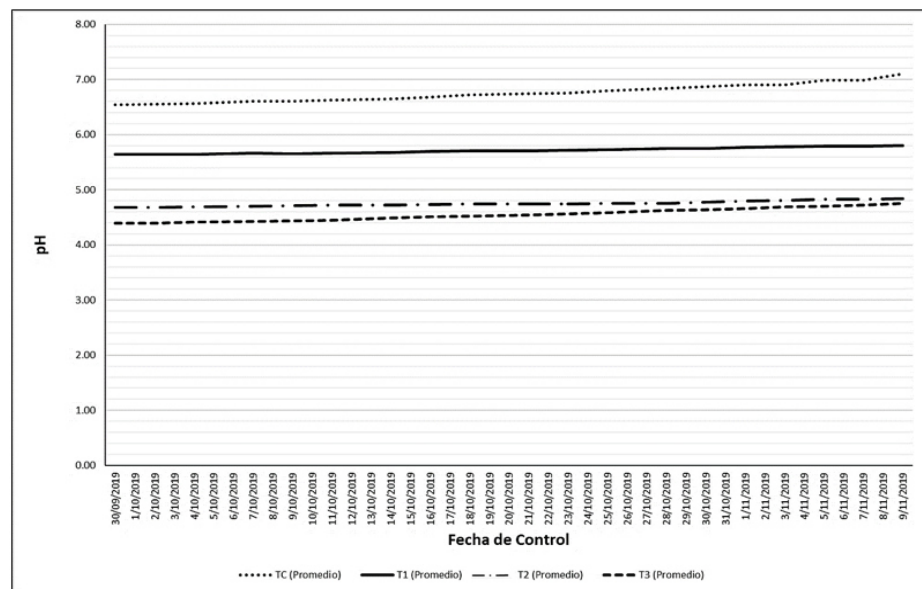


Figura 20. Variabilidad del pH en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 20 se presenta el comportamiento del pH promedio teniendo que el tratamiento T0 tiene una tendencia de pH a ser neutro y se mantiene así en el tiempo de la investigación; los tratamientos T1, T2 y T3 reflejan una tendencia de pH a ser ligeramente ácido en los primeros días de la investigación y al final de la investigación ha incrementado su valor teniendo una tendencia a ser pH neutro.

4.2. Prueba de hipótesis

a. Hipótesis referente a la DBO:

H_0 : la aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces no reduce la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

H_1 : la aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces reduce la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

- Prueba de correlación entre las variables dosis de EM agua activado y DBO removida:

En primer lugar, se realizó la prueba de correlación entre la variable independiente (dosis de EM agua activado) y dependiente (concentración de DBO), para ello se ejecutaron los siguientes pasos:

- Datos para la prueba:

Tabla 11. *Datos de dosis EM agua activado y DBO.*

| Dosis EM agua activado (ml) | DBO (inicial) mg/L | DBO (final) mg/L | DBO (removida) mg/L |
|-----------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 0 | 1356.1 | 406.3 | 949.8 |
| 37.5 | 1356.1 | 132.4 | 1223.7 |

| | | | |
|-------|--------|------|--------|
| 56.25 | 1356.1 | 86.6 | 1269.5 |
| 75 | 1356.1 | 1.9 | 1354.2 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 11 se muestran los resultados finales con respecto a la dosis de EM agua activado el DBO inicial que corresponde a los resultados de línea base de la investigación, mientras que el DBO final corresponde a los resultados después de los 39 días de tratamiento y por último, la DBO removida es el resultado de la diferencia de la DBO inicial con la DBO final esto con la finalidad de conocer cuánto fue la disminución del contaminante.

- Significancia:

A un nivel de confianza del 95% se plantea la significancia como:

$$\alpha = 0.05 = 5 \%$$

- Diagrama de dispersión:

Con los datos de la tabla se realiza el análisis gráfico de la regresión, ajustado de mejor manera al modelo exponencial.

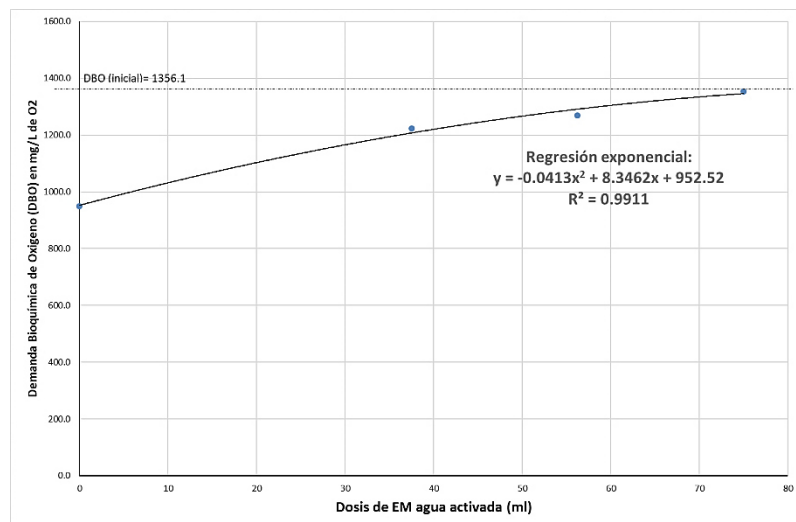


Figura 21. Regresión exponencial de la DBO.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 21 se muestra la regresión exponencial de la DBO removida con una R^2 de 0.9911 es decir que este modelo exponencial representado por la DBO removida en relación con las dosis de EM agua activado es de 99.1 %, por tanto, se concluye que es un ajuste perfecto por que la remoción de DBO depende funcionalmente de la dosis de EM agua activado. Si el R^2 es más cercano el valor esté de 1 o 100%, más preciso es el modelo.

- Prueba de normalidad:

Tabla 12. *Prueba de normalidad para la DBO removida.*

| | Pruebas de Normalidad | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|----|------|----------------------|----|-------|
| | Kolmogorov-Smirnov (n>50) | | | Shapiro-Wilk (n<=50) | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Dosis_ microorganismos | 0,192 | 4 | . | 0,971 | 4 | 0,850 |
| DBO_ removida | 0,305 | 4 | . | 0,889 | 4 | 0,376 |

Fuente: elaboración propia empleando SPSS.

Siendo el número de datos es menor a 50 se elige aplicar la prueba de Shapiro-Wilk para decidir que los datos para ambas variables son normales debido a que la significancia de la prueba (Sig.) en ambos casos son mayores a la significancia propuesta ($\alpha = 0.05$).

Debido a que los datos tienen distribución normal se realiza la prueba de correlación de Pearson entre las variables usando SPSS y teniendo los siguientes resultados.

- Prueba de correlación:

La prueba de correlación se realizó usando el software SPSS asociando las dos variables de estudio: la dosis empleada en los tratamientos y la DBO removida en cada una de ellas.

Tabla 13. Prueba de correlación de datos de la DBO removida.

| Correlaciones | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------|
| | | Dosis_ microorganismos | DBO_removida |
| Dosis_ microorganismos | Correlación de Pearson (r) | 1 | 0,981 |
| | Sig. (bilateral) | | 0,019 |
| | N | 4 | 4 |
| DBO_ removida | Correlación de Pearson | 0,981 | 1 |
| | Sig. (bilateral) | 0,019 | |
| | N | 4 | 4 |

Fuente: elaboración propia empleando SPSS.

- H_0 : no existe correlación entre las variables.
 - H_1 : existe correlación entre las variables.
 - ➔ Siendo la significancia estadística 0.019, ésta es menor a la significancia $\alpha = 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la existencia de correlación entre las variables de la dosis de microorganismos con la DBO removida.
- Prueba de medias relacionadas en la remoción de DBO:

- Datos para la prueba:

Tabla 14. Datos de DBO inicial y final.

| DBO (inicial) mg/L | DBO (final) mg/L |
|--------------------|------------------|
| 1356.1 | 406.3 |
| 1356.1 | 132.4 |
| 1356.1 | 86.6 |
| 1356.1 | 1.9 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14 se muestran los datos de línea base de DBO y los resultados finales después de los 39 días de tratamiento para la DBO.

- Hipótesis estadística:
 - H_1 : la DBO inicial es mayor que la DBO final en el tratamiento de agua residual.
 - H_0 : la DBO inicial no es mayor que la DBO final en el tratamiento de agua residual.
 - $H_1: \mu_{inicial} > \mu_{final}$ (alterna).
 - $H_0: \mu_{inicial} \leq \mu_{final}$ (nula).

- Prueba de normalidad:

Tabla 15. Prueba de normalidad de la DBO final.

| Pruebas de normalidad ^a | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|--------------------|----|------|--------------|----|-------|
| | Tipo _prueba | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Concentración _DBO | Después | 0,305 | 4 | . | 0,889 | 4 | 0,376 |

a. Concentración _DBO es constante cuando Tipo prueba = Antes. Se ha omitido.

Fuente: elaboración propia empleando SPSS.

El valor de la significación estadística es 0.376 es mayor a la significancia (0.05) entonces la variable DBO (después) presenta distribución normal, por ello se aplica la prueba paramétrica de la t student de grupos relacionados (causal de un antes y después).

- Prueba de medias relacionadas:

Tabla 16. Prueba de muestras relacionadas para la DBO (antes y después).

| Prueba de muestras emparejadas | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--|----------|-----------|-------------|--------|---------------------|-------|--|
| | | Diferencias emparejadas | | | | t | gl | Sig. (bilateral) | | |
| Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | | | | |
| | | | | Inferior | Superior | | | | | |
| Par 1 | DBO_ antes - DBO_ después | 1,199.30000 | 174.89774 | 87.44887 | 920.99866 | 1,477.60134 | 13,714 | 3 | 0,001 | |

Fuente: elaboración propia empleando SPSS.

En la tabla 16 se observa el valor de t de 13.714, para 3 grados de libertad y una significancia estadística de 0.001, la cual es menor que 0.05, por lo que la DBO antes es diferente a la DBO final, los cuales son datos que se direccionan a la toma de una decisión de la hipótesis correspondiente a DBO.

- Decisión de rechazo de H_0 :

Para la decisión de la hipótesis, se coteja el valor crítico, el cual es de 2.35 correspondiente al límite donde la diferencia entre los valores se considera estadísticamente significativa, con el valor de $t = 13.714$ se toma la decisión de rechazo a la hipótesis nula.

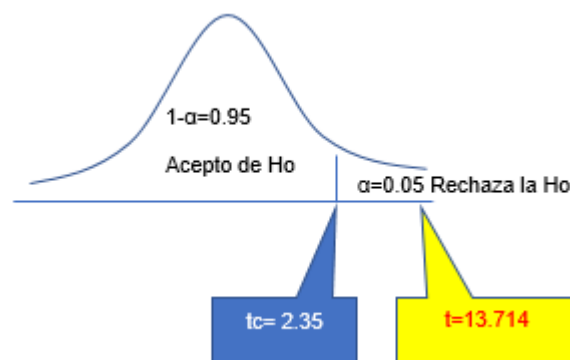


Figura 22. Representación gráfica de la prueba de hipótesis.

Fuente: elaboración propia.

- $H_1: \mu_{\text{inicial}} > \mu_{\text{final}}$ (alterna) se acepta.
- $H_0: \mu_{\text{inicial}} \leq \mu_{\text{final}}$ (nula) se rechaza.

Dado que el valor estadístico de $t = 13.714$ es mayor al valor crítico de prueba, entonces se concluye que se acepta la $H_1: \mu_{\text{inicial}} > \mu_{\text{final}}$ (alterna) donde la DBO inicial es mayor que la DBO final en el tratamiento de agua residual. Asimismo, se observa el valor de la significancia estadística es 0.001, el cual es menor a la significancia $\alpha = 0.05$, por lo cual se ratifica el rechazo de la hipótesis nula.

- Conclusión:

Existen pruebas suficientes para afirmar que la aplicación de microorganismos eficaces reduce la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019, con un nivel de confianza del 95 %.

b. Hipótesis referente a la remoción de coliformes termotolerantes:

H₁: la aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces reduce la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

H₀: la aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces no reduce la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

• Datos para la prueba:

Tabla 17. *Datos de coliformes termotolerantes antes y después del tratamiento.*

| Coliformes termotolerantes (antes) | Coliformes termotolerantes (después) |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| >160 000 | >160 000 |
| >160 000 | >160 000 |
| >160 000 | >160 000 |
| >160 000 | >160 000 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 17 se observa que no existen efectos significativos en la remoción de coliformes termotolerantes, debido a que la adición de los microorganismos eficaces no tiene poder bactericida. Por lo que se acepta la hipótesis nula (H₀) planteada: la aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces no reduce la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

4.3. Discusión de resultados

Las hipótesis de trabajo planteadas en la tesis estuvieron dirigidas a demostrar la eficiencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.

De acuerdo a los datos obtenidos y con la prueba de inferencia se ha demostrado la eficacia mediante la prueba de correlación ($p_{\text{valor}} = 0.019 < 0.05$), la diferencia de medias relacionadas ($p_{\text{valor}} = 0.001 < 0.05$) en la reducción de la DBO y los resultados finales del parámetro de coliformes termotolerantes permiten ser comparados con los antecedentes mencionados en el Capítulo II.

Los resultados que al ser comparados según el objetivo general de la investigación que es de determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019, evidencian que en consecuencia la aplicación de microorganismos eficaces no mejoró la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas en el año 2019, resultado que al ser comparado en la investigación titulada: Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica, Bogotá D.C, Colombia, durante el año 2008 llegó a las siguientes conclusiones: no se observaron diferencias significativas en las concentraciones de ninguno de los parámetros en ninguno de los tiempos, entre el control y los tratamientos, por lo cual se concluyó que no existió un efecto de la profundidad de la aplicación de microorganismos eficaces; bajo las condiciones del presente estudio ¹⁵. Por otro lado, la tabla 17 confirma que, a menor o mayor cantidad de microorganismos eficaces, la remoción de coliformes termotolerantes se mantiene constante.

Según el objetivo específico: determinar la aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019, se tienen resultados obtenidos en la tabla 17 donde se muestra que

no hay ninguna significancia, por lo tanto, la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces no mejoró la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas para el año 2019, resultado que al ser comparado con lo encontrado en la investigación titulada: Evaluación de la eficiencia de remoción de un sistema natural de tratamiento de aguas residuales, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, durante el año 2012, se llegó a la conclusión que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, no mostró un funcionamiento óptimo en la remoción de coliformes ¹⁶.

Según el objetivo específico: determinar la aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019, se cotejan los resultados obtenidos en la tabla 8, en consecuencia la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces mejoró la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas para el año 2019, resultado que al ser comparado con lo encontrado en la investigación titulada: Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente del biorreactor de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales (PTAR) Concepción – 2018, se indica que se agregó dosis de EM Agua a un 4 %, 6 %, 8 %; durante 39 días y concluyendo que para la DBO y DQO sí hubo correlación directa con la dosis de EM Agua, lo cual indica que cuanto más EM agua sea agregado al agua residual, mayor será el contenido de DBO y DQO, quedando así evidenciado que la aplicación de EM agua mejora en la remoción de DBO. También se evidencia que el tiempo de retención de los microorganismos eficaces mejorará la remoción de DBO como se ve también en la investigación ²⁰.

Asimismo, también en la tesis titulada: Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, Planta de Tratamiento de Jauja, cuyos objetivos se asociaron con la determinación de los efectos de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de agua y lodo residual de la PTAR Jauja, se demuestra que los microorganismos eficaces (EM) tuvieron efecto en la reducción de la DBO, DQO, sólidos totales y olor, obteniéndose mayor eficiencia a los 90 días después del tratamiento, mejorando de esta manera las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales. También según el efecto de los

microorganismos eficaces sobre los parámetros de sólidos totales suspendidos y coliformes termotolerantes, donde no se logró la reducción de estos a los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. 003-2010-MINAM ¹⁹, como también se evidencia en la figura 18, evidenciando que los microorganismos eficaces sobre el parámetro de coliformes termotolerantes no logro la reducción por ende excede los Límites Máximos Permisibles considerados por la normativa mencionada.

En la tesis titulada: Uso de Microorganismos eficaces en el mejoramiento de la calidad de agua residuales de la industria láctea, Lima, se usó el diseño completamente al azar en la que se tuvo 3 tratamientos con 3 repeticiones y un balde de unidad experimental, con concentraciones al 1 %, 2 % y 3 % y tiempo: 10, 20 y 30 días. Los resultados indican reducciones favorables, la mayor reducción corresponde a la concentración de 2 % con 4 164 mg/l de DQO, 561 mg/l de aceites y grasas, 864 mg/l de sólidos suspendidos totales, 39 mg/l de nitrógeno amoniacal y 6.74 de pH ¹⁸. También se da a conocer la importancia del monitoreo de los parámetros de campo como el pH y temperatura en el tiempo de la aplicación con el fin de observar el comportamiento bacteriano o microbiológico como indicador de desarrollo, así como se muestra en las tablas 9 y 10.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de microorganismos eficaces (EM agua) mejoró con la reducción la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, con un nivel de confianza del 95%, obtenido resultados menores a 1.9 mg/l. Teniendo en cuenta el tiempo de 39 días de remoción y los factores de control como pH y la temperatura.
 - 1.1. El valor de DBO disminuyó considerablemente en la dosis de 6 % y 8 % de EM agua, en el cual los valores obtenidos en dichas dosis no exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. 003-2010-MINAM.
 - 1.2. No hubo reducción significativa en la dosis de 4% de EM agua. Los valores encontrados exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos por D.S. 003-2010-MINAM.
2. La aplicación de microorganismos eficaces (EM agua) no mejoró con la reducción de coliformes termotolerantes de la Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, en la tabla 17 se evidencia que no existen efectos significativos en ninguna de las dosis de EM agua en la remoción del parámetro, obteniendo datos mayores a 16 000 NTP/100 ml concluyendo que la aplicación microorganismos eficaces (EM Agua) no tiene poder bacteriano para remover coliformes termotolerantes.
3. Teniendo en cuenta la variabilidad de temperatura, el valor de 26.86°C fue la temperatura máxima registrada y 15.4 °C la temperatura mínima registrada durante los 39 días de aplicación; estos valores están estrechamente relacionadas con los factores ambientes (temperatura ambiente y radiación solar) los cuales influyeron en la variabilidad de los datos, sin embargo esta variabilidad es óptima, puesto que teóricamente la temperatura debe oscilar entre 16°C a 23 °C para haya una actividad microbiana de microorganismos eficaces (EM agua), concluyendo en que el parámetro de campo temperatura fue óptimo para el trabajo de investigación.
4. En la variabilidad de pH fue teniendo una tendencia a ser neutro con el tiempo de la investigación (39 días) ya que como se muestra en la figura 20, en los tratamientos T1, T2 y T3 inicialmente tenían una tenencia a ser ligeramente ácido y T0 inicialmente tiene una tendencia a ser neutro. Se debe tener en consideración

que los microorganismos eficaces (EM agua) activados comprenden a una solución ácida y al realizar la aplicación en las unidades experimentales también existe una variabilidad, concluyendo que con el tiempo de la investigación existe una tendencia del pH a ser neutro, el cual se considera óptimo como el indicador del medio. De igual modo, el pH mejora considerablemente con el tiempo de retención en el sistema hasta llegar a un pH en un intervalo de 6 a 7.

5. Existe una correlación directa estadísticamente significativa entre las variables de DBO (removida) y dosis de microorganismos, lo cual indica que a mayor disponibilidad de microorganismos eficaces (EM Agua) mayor será la remoción de DBO.

RECOMENDACIONES

1. Para la una inspección de la PTARD de Quilcas es recomendable el uso de Equipos de Protección Personal, ya que por el proceso que realiza las aguas residuales en la planta emana malos olores y las estructuras están poco conversadas por consecuencia produce salpicaduras del agua residual.
2. Se debe continuar investigando la presente línea de investigación y evaluar el factor tiempo, si a más tiempo de aplicación de microorganismos eficaces (EM agua) es favorable o existe alguna reacción adversa.
3. En cuanto a los equipos de medición de parámetros de campo se recomienda que deben estar en óptimas condiciones y debidamente calibrados para obtener resultados más precisos.
4. Se debe planificar con anticipación los tramites de laboratorio para evitar retrasos en los envíos de materiales para la toma de muestras.
5. Se debe considerar la aplicación de microorganismos eficaces (EM agua) en los lodos residuales que genera la PTARD de Quilcas ya que ayudaría con la agricultura de la zona.
6. Evaluar el uso EM compost para el tratamiento de lodos residuales de la PTARD del distrito de Quilcas con el fin de reutilizar los lodos residuales como abono orgánico para el suelo.
7. Efectuar un componente o mecanismo de permitir una mayor retención de las aguas residuales ya que se ha evidenciado que a mayor tiempo de retención será mayor la degradación de contaminantes.
8. Implementar un plan de monitoreo de agua residuales mensual en diferentes puntos de tratamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ONU. *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. Francia: UNESCO, 2017. ISBN 978-92-3-300058-2.
2. RODRÍGUEZ, H. Iagua. *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. [En línea] AQUALA, 13 de 03 de 2017. [Citado el: 30 de Abril de 2020.] <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.
3. NACIONES UNIDAS. Objetivos del Desarrollo Sostenible. *Agua limpia y saneamiento por qué es importante*. [En línea] [Citado el: 09 de MARZO de 2020.] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.
4. ONU. Programa para el Medio Ambiente. *Mejorar el tratamiento de aguas residuales es crucial para la salud humana y los ecosistemas*. [En línea] Ciencia y Datos, 05 de 04 de 2019. [Citado el: 30 de 04 de 2020.] <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/mejorar-el-tratamiento-de-aguas-residuales-es-crucial-para-la>.
5. INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE. The murky future of global water quality. *New global study projects rapid deterioration in water quality*. [En línea] A WHITE PAPER BY VEOLIA & IFPRI, 2015. [Citado el: 09 de MARZO de 2020.] <https://www.ifpri.org/publication/murky-future-global-water-quality-new-global-study-projects-rapid-deterioration-water>.
6. OEFA. *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014.
7. SUNASS. *Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS*. Lima: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2008.
8. LARIOS, J., GONZÁLEZ, C. y MORALES, Y. *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. Lima: Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, 2015, **02**. ISSN 2311 – 7915.
9. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. Autoridad Nacional del Agua. *Autoridad Nacional del Agua promueve buenas prácticas de reúso y manejo de aguas residuales en la cuenca Mantaro*. [En línea] Transparencia, 24 de Marzo de 2017. [Citado el: 10 de Marzo de 2020.] <https://www.ana.gob.pe/noticia/>.

10. SINIA. Indicador: Descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento. SINIA. [En línea] SINIA, 2016. [Citado el: 25 de Junio de 2020.] <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1002>.
11. OEFA. *Índice de cumplimiento de las EFAS a nivel provincial y distrital del departamento de Junín*. Junín: Oficina Desconcentrada de Junín, 2015.
12. CORPAS, E. y HERRERA, O. *Reduccion de coliformes y Escherichia Coli en un sistema residual lácteo mediante microorganismos benéficos*. Manizales: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2012, **10**.
13. MUÑOZ, H. y otros. *Remoción de bacterias coliformes en un sistema de lodos activados y humedal construido*. s.l.: Ecosist. Recur. Agropec., 2016, **4**.
14. MONTOYA, J. y otros. *Estudio comparativo de la remoción de materia orgánica en humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial usando tres especies de macrófitas – Escuela de Ingeniería de Antioquia*. Medellín: Revista EIA, 2010. 1794-1237.
15. CARDONA, J. y otros. *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica*. Bogotá: s.n., 2008.
16. JIMÉNEZ, M. *Evaluación de la eficiencia de remoción de un sistema natural de tratamiento de aguas residuales. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México*. Buenavista: s.n., 2012.
17. AYVAR, C. y otros. *Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales la totora*. Ayacucho - Perú: Ecología Aplicada, 2008, **7**. 1726-2216.
18. APAZA, O. *Uso de microorganismos eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la industria láctea, Lima - 2017*. Lima: s.n., 2017.
19. BELTRÁN, T. y CAMPOS, C. *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo: 2016.
20. DELGADO, J. *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Concepción - 2018*. Universidad Continental, Huancayo: 2019.

21. SANCHEZ, J. *Evaluación y monitoreo microbiológico y fisicoquímico de una planta de tratamiento de agua residual por rizofiltración, en una empresa productora de discos compactos*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2003.
22. METCALF, F. y T, Eddy. *Wastewater engineering. Treatment y reuse*. Boston, Massashuttes: Mc Graw Hill, 2003.
23. MARA, D. y S., C. *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura: medidas de protección de la salud pública*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1990.
24. AQUAMARKET. Composición de aguas residuales. *AQUAMARKET*. [En línea] AQUAMARKET. [Citado el: 25 de Junio de 2020.] <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?id=2792>.
25. BELZONA. Tratamiento de aguas residuales. *BELZONA*. [En línea] BELZONA, 2010. [Citado el: 25 de Junio de 2020.] https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_maps.pdf.
26. DIGESA. Parámetros Organolépticos. *DIGESA Gesta de agua*. [En línea] [Citado el: 2020 de Junio de 24.] http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf.
27. HIGA, T y PARRA, J. *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. Japón: s.n., 1994.
28. D.S. N° 003-2010-MINAM. Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Normas legales. Lima: El Peruano, 2010.
29. BIOEM. Tecnología EM en el tratamiento de aguas y efluentes. *BIOEM*. [En línea] [Citado el: 22 de Junio de 2020.] <http://www.bioem.com.pe/index.html>.
30. FOY, P. y VALDÉS, W. *Glosario jurídico ambiental peruano*. Lima: Fondo Editorial Academia de la Magistratura, 2012.
31. MORENO, L. y otros. *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno*. España: Luis Moreno Merino, 2003.

32. MEJÍA, G. *Digestión anaerobia*. Yucatán - México: Universidad Autónoma de Yucatán, 1996. ISSN 1405-309.
33. NORMA OS. 090. Plantas de tratamiento de aguas residuales. Normas legales. Lima: El Peruano, 2006.
34. TANYA, M. y LEIVA, M. *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas*. Ríobamba - Ecuador: Centro Agrícola, 2019, **46**. ISSN 0253-5785.
35. CANALES, M. y otros. *Fisicoquímica*. Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1999. ISBN 968-36-7957-9.
36. SARMIENTO, P. *Energía solar en Arquitectura y construcción*. Santiago - Chile: RIL Editores, 2007. ISBN-978-955-284-545-8.
37. NIÑO, M. *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U, 2011. 978-958-8675-94-7.
38. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., MÉNDEZ, S. y MENDOZA, C. *Fundamentos de investigación*. México: Mc Graw Hill, 2014. 1395-607-151395-3.
39. COLEGIO DE BACHILLERES DEL ESTADO DE SONORA. *Métodos de investigación*. Mexico: Dirección Académica del Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora, 2011.
40. BAENA, G. *Metodología de la investigación*. Mexico: Grupo Editorial Patria, 2014. ISBN 978-607-744-003-1.
41. ALONSO, A. y otros. *Métodos de investigación de enfoque experimental*. 2012. 84-7133-748-7.
42. MOUSALLI, G. *Método y diseños de investigación cuantitativa*. Mérida: s.n., 2014.
43. ARIAS, F. *El Proyecto de investigación*. Caracas: Episteme, 2012. 980-07-8529-9.
44. ARIAS, F. *El proyecto de investigación*. Caracas: Editorial Episteme C.A. / ORIAL Ediciones Caracas - Venezuela, 1999. ISBN 980-07-3868-1 .
45. ROMERO, T. y VARGAS, D. *Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas*. La Habana: Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae). Habana, 2017, **30**.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia.

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Metodología |
|--|--|---|--|---|
| <p>Problema general:</p> <p>*¿Cuál es la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Cuál es la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019?</p> <p>*¿Cuál es la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del Distrito de Quilcas, 2019?</p> | <p>Objetivo general:</p> <p>*Determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*Determinar la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.</p> <p>*Determinar la influencia de las diferentes dosis de microorganismos eficaces en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del Distrito de Quilcas, 2019.</p> | <p>Hipótesis general:</p> <p>*H₁: La aplicación de los microorganismos eficaces reduce la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>*La aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces reduce la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.</p> <p>*La aplicación de las diferentes dosis de microorganismos eficaces reduce la remoción de coliformes termotolerantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilcas, 2019.</p> | <p>Variable dependiente:</p> <p>Coliformes termotolerantes</p> <p>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Dosis de microorganismos eficaces (EM)</p> | <p>Método:</p> <p>Científico</p> <p>Método específico:</p> <p>Experimental.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Explicativo.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Experimental, completamente al azar.</p> |

Anexo 02. Tabla de registro de control de pH de las unidades experimentales.

| PARÁMETRO DE CAMPO pH | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DIA | FECHA | UNIDADES EXPERIMENTALES | | | | | | | | | | | |
| | | T-01 (control) | T-02 (control) | T-03 (control) | T-11 | T-12 | T-13 | T-21 | T-22 | T-23 | T-31 | T-32 | T-33 |
| 0 | 30/09/2019 | 6.56 | 6.53 | 6.53 | 5.61 | 5.66 | 5.65 | 4.67 | 4.68 | 4.68 | 4.36 | 4.44 | 4.38 |
| 2 | 02/10/2019 | 6.57 | 6.56 | 6.51 | 5.6 | 5.66 | 5.66 | 4.67 | 4.69 | 4.67 | 4.38 | 4.44 | 4.39 |
| 4 | 04/10/2019 | 6.61 | 6.56 | 6.53 | 5.65 | 5.63 | 5.65 | 4.68 | 4.7 | 4.68 | 4.4 | 4.46 | 4.41 |
| 7 | 07/10/2019 | 6.65 | 6.62 | 6.55 | 5.66 | 5.64 | 5.67 | 4.71 | 4.69 | 4.69 | 4.43 | 4.47 | 4.39 |
| 9 | 09/10/2019 | 6.63 | 6.65 | 6.56 | 5.67 | 5.61 | 5.67 | 4.73 | 4.71 | 4.7 | 4.42 | 4.47 | 4.43 |
| 11 | 11/10/2019 | 6.66 | 6.7 | 6.54 | 5.67 | 5.64 | 5.69 | 4.72 | 4.71 | 4.72 | 4.45 | 4.47 | 4.42 |
| 14 | 14/10/2019 | 6.65 | 6.68 | 6.61 | 5.71 | 5.65 | 5.68 | 4.74 | 4.7 | 4.72 | 4.53 | 4.49 | 4.45 |
| 16 | 16/10/2019 | 6.71 | 6.71 | 6.63 | 5.74 | 5.68 | 5.69 | 4.75 | 4.71 | 4.73 | 4.52 | 4.53 | 4.47 |
| 18 | 18/10/2019 | 6.76 | 6.74 | 6.65 | 5.75 | 5.69 | 5.7 | 4.76 | 4.73 | 4.74 | 4.56 | 4.56 | 4.45 |
| 21 | 21/10/2019 | 6.81 | 6.78 | 6.65 | 5.73 | 5.72 | 5.69 | 4.75 | 4.72 | 4.74 | 4.58 | 4.59 | 4.46 |
| 23 | 23/10/2019 | 6.82 | 6.78 | 6.69 | 5.74 | 5.71 | 5.7 | 4.74 | 4.73 | 4.75 | 4.59 | 4.62 | 4.48 |
| 25 | 25/10/2019 | 6.86 | 6.81 | 6.73 | 5.76 | 5.72 | 5.72 | 4.76 | 4.74 | 4.77 | 4.62 | 4.62 | 4.52 |
| 28 | 28/10/2019 | 6.91 | 6.82 | 6.78 | 5.78 | 5.74 | 5.73 | 4.78 | 4.73 | 4.78 | 4.65 | 4.67 | 4.56 |
| 30 | 30/10/2019 | 6.96 | 6.85 | 6.8 | 5.78 | 5.75 | 5.73 | 4.79 | 4.75 | 4.8 | 4.69 | 4.69 | 4.55 |
| 31 | 01/11/2019 | 6.97 | 6.91 | 6.81 | 5.79 | 5.77 | 5.74 | 4.8 | 4.78 | 4.82 | 4.65 | 4.73 | 4.61 |
| 33 | 03/11/2019 | 6.96 | 6.9 | 6.84 | 5.81 | 5.77 | 5.76 | 4.79 | 4.81 | 4.83 | 4.68 | 4.76 | 4.64 |
| 35 | 05/11/2019 | 7.16 | 6.95 | 6.85 | 5.8 | 5.78 | 5.78 | 4.81 | 4.83 | 4.85 | 4.73 | 4.76 | 4.62 |
| 37 | 07/11/2019 | 7.11 | 6.97 | 6.89 | 5.8 | 5.79 | 5.79 | 4.82 | 4.83 | 4.84 | 4.72 | 4.79 | 4.65 |
| 39 | 09/11/2019 | 7.19 | 7.17 | 6.94 | 5.79 | 5.8 | 5.8 | 4.82 | 4.85 | 4.86 | 4.75 | 4.82 | 4.68 |

Anexo 03. Tabla de registro de control de temperatura de las unidades experimentales.

| PARÁMETRO DE CAMPO TEMPERATURA °C | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DIA | FECHA | UNIDADES EXPERIMENTALES | | | | | | | | | | | |
| | | T-01 (control) | T-02 (control) | T-03 (control) | T-11 | T-12 | T-13 | T-21 | T-22 | T-23 | T-31 | T-32 | T-33 |
| 0 | 30/09/2019 | 23.64 | 23.73 | 24.52 | 23.98 | 23.91 | 23.67 | 22.77 | 22.34 | 22.76 | 22.63 | 22.34 | 22.65 |
| 2 | 02/10/2019 | 19.52 | 19.63 | 19.12 | 20.34 | 20.37 | 20.64 | 20.76 | 20.83 | 20.64 | 20.76 | 20.69 | 20.87 |
| 4 | 04/10/2019 | 19.42 | 20.16 | 19.86 | 20.87 | 20.76 | 20.83 | 20.87 | 20.88 | 20.62 | 20.84 | 20.76 | 20.49 |
| 7 | 07/10/2019 | 19.61 | 20.32 | 19.98 | 21.21 | 20.19 | 20.98 | 20.18 | 20.21 | 20.24 | 20.18 | 20.26 | 20.23 |
| 9 | 09/10/2019 | 19.94 | 19.68 | 20.01 | 19.89 | 21.09 | 20.34 | 20.17 | 20.56 | 20.43 | 20.45 | 20.35 | 20.19 |
| 11 | 11/10/2019 | 20.07 | 19.9 | 21 | 20.98 | 20.55 | 20.46 | 20.88 | 20.97 | 20.67 | 20.86 | 20.65 | 20.79 |
| 14 | 14/10/2019 | 26.86 | 23.95 | 19.93 | 22.48 | 22.34 | 22.56 | 22.33 | 22.78 | 22.35 | 22.56 | 22.78 | 22.63 |
| 16 | 16/10/2019 | 18.94 | 19.65 | 18.65 | 18.18 | 18.98 | 18.87 | 18.94 | 19.02 | 18.96 | 19.45 | 19.46 | 19.97 |
| 18 | 18/10/2019 | 21.27 | 20.87 | 19.89 | 20.81 | 20.98 | 21.08 | 20.87 | 20.77 | 20.84 | 20.78 | 20.86 | 20.66 |
| 21 | 21/10/2019 | 20.61 | 20.98 | 20.3 | 19.89 | 19.99 | 20.16 | 20.13 | 20.4 | 20.24 | 20.19 | 20.64 | 20.52 |
| 23 | 23/10/2019 | 21.83 | 22.09 | 21.78 | 21.67 | 21.54 | 20.89 | 21.53 | 21.69 | 21.76 | 21.56 | 21.65 | 21.41 |
| 25 | 25/10/2019 | 15.4 | 16.87 | 15.99 | 16.46 | 16.27 | 16.23 | 16.65 | 16.34 | 16.44 | 16.78 | 17.01 | 16.64 |
| 28 | 28/10/2019 | 21.88 | 21.95 | 21.66 | 23.25 | 21.99 | 22.65 | 22.34 | 21.87 | 22.45 | 21.76 | 21.64 | 22.4 |
| 30 | 30/10/2019 | 22.11 | 22.03 | 21.09 | 22.76 | 22.98 | 22.57 | 22.76 | 22.98 | 22.87 | 22.67 | 22.94 | 22.99 |
| 31 | 01/11/2019 | 20.03 | 20.3 | 20 | 20.47 | 20.89 | 20.63 | 20.45 | 20.34 | 20.63 | 20.76 | 20.83 | 20.94 |
| 33 | 03/11/2019 | 20.87 | 21.09 | 20.99 | 22 | 22.76 | 22.89 | 22.65 | 22.76 | 22.94 | 22.65 | 22.39 | 22.97 |
| 35 | 05/11/2019 | 20.09 | 20.45 | 21.04 | 19.93 | 19.67 | 19.86 | 19.76 | 19.54 | 19.98 | 19.79 | 20.06 | 20.24 |
| 37 | 07/11/2019 | 20.12 | 20.33 | 20.44 | 21.37 | 21.33 | 21.56 | 21.43 | 21.53 | 21.71 | 21.65 | 21.54 | 21.84 |
| 39 | 09/11/2019 | 16.43 | 16.9 | 17.81 | 17.76 | 17.48 | 17.3 | 17.3 | 17.34 | 17.44 | 17.64 | 17.41 | 17.9 |

Anexo 04. Informes de ensayo: Laboratorio acreditado: Inspectorate Services Perú S.A.C., con los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos - muestra línea base.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 3


INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 46068L/19-MA-MB

ORGANISMO ACREDITADO : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
REGISTRO DE ACREDITACIÓN : N° LE - 031
CLIENTE : POLLET CRISTINA ROMERO HUAMAN
DIRECCIÓN : JIRÓN DANIEL ALCIDES CARRIÓN 718 - JUNIN
PRODUCTO : Agua residual
MATRIZ : Agua residual municipal
NÚMERO DE MUESTRAS : 5
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : Frascos de plástico, Frascos de vidrio ámbar, Frascos de plástico estéril
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : Muestras enviadas por el cliente
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : No Aplica
FECHA DE MUESTREO : 2019-04-29
LUGAR DE MUESTREO : QUILCAS - HUANCAYO - JUNIN
REFERENCIA DEL CLIENTE : PTARD QUILCAS
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 2019-04-30
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 2019-04-30
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019-05-06
ORDEN DE SERVICIO : OS/L-19-04173

Callao, 07 de Mayo de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company


BLGA. SANDRA GRABEL AZÚCURI
C.B.P. 5348
SUPERVISOR DE LABORATORIO MICROBIOLOGÍA


ING. DAISY L. VALLE ALVARADO
C.I.P. 168884
SUPERVISOR DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



**BUREAU
VERITAS**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

Pág. 2 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 46068L/19-MA-MB

RESULTADOS DE ANÁLISIS

| Estación de Muestreo | | | | ARM-01 |
|---|---------------------|------|------|----------------|
| Fecha de Muestreo | | | | 2019-04-29 |
| Hora de Muestreo | | | | 17:30 |
| Código de Laboratorio | | | | 05339 00001 |
| Matriz | | | | ARM |
| Ensayo | Unidad | L.C. | L.D. | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L O ₂ | 2.0 | 1.0 | 1 356.1 |
| Material Extractable en Hexano; Aceites y Grasas | mg/L | 0.9 | 0.5 | 55.3 |
| Sólidos Totales | mg/L | 10.0 | 6.0 | 1 610.0 |
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | NMP/100ml | 1.8 | -- | >160 000 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L O ₂ | 2.0 | 1.0 | 2 402.3 |

**BUREAU
VERITAS**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

**Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com**



**BUREAU
VERITAS**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N°LE - 031

Pág. 3 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 46068L/19-MA-MB

MÉTODOS DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|--|---|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test. |
| Material Extractable en Hexano; Aceites y Grasas | EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. |
| Sólidos Totales | EPA Method 160.3 1999 Residue, Total (Gravimetric, Dried at 103-105 ° C) |
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |
| Demanda Química de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Titrimetric Method. |

MATRICES

| MATRIZ | DESCRIPCIÓN |
|--------|-------------------------|
| ARM | Agua residual municipal |

NOTAS

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante y preservadas.

"L.C." significa Límite de cuantificación.

"L.D." significa Límite de detección.



Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
 <"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
 >"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

**Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com**

Anexo 05. Informes de ensayo: Laboratorio acreditado: Inspectorate Services Perú S.A.C., con los resultados del parámetro coliformes fecales o termotolerantes - muestra después de la aplicación de EM agua activado.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 128753L/19-MA-MB

| | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| ORGANISMO ACREDITADO | : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C. |
| REGISTRO DE ACREDITACIÓN | : N° LE - 031 |
| CLIENTE | : POLLET CRISTINA ROMERO HUAMAN |
| DIRECCIÓN | : JIRÓN DANIEL ALCIDES CARRIÓN 718 |
| PRODUCTO | : Agua residual |
| MATRIZ | : Agua residual doméstica |
| NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS | : Frascos de plástico estéril |
| PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS | : Muestras enviadas por el cliente |
| PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : No declarado por el cliente |
| FECHA DE MUESTREO | : 2019-11-10 |
| LUGAR DE MUESTREO | : Quilcas - Huancayo - Junín |
| REFERENCIA DEL CLIENTE | : TESIS |
| FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS | : 2019-11-11 |
| FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO | : 2019-11-11 |
| FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO | : 2019-11-18 |
| ORDEN DE SERVICIO | : OS/L-19-11121 |

Callao, 03 de Diciembre de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

BLGA. TERESA ZACARIAS CARO
C.B.P. 1183

JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLOGIA

ING. DAISY L. VALLE ALVARADO
C.I.P. 169884

SUPERVISOR DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



**BUREAU
VERITAS**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

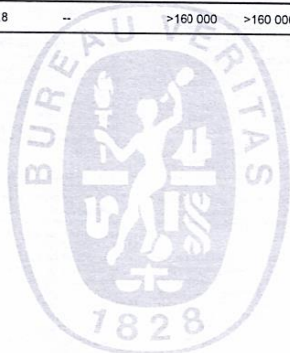
Pág. 2 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 128753L/19-MA-MB

RESULTADOS DE ANÁLISIS

| Estación de Muestreo | T 0 | T 1 | T 2 | T 3 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|
| Fecha de Muestreo | 2019-11-10 | 2019-11-10 | 2019-11-10 | 2019-11-10 |
| Hora de Muestreo | 15:15 | 15:17 | 15:21 | 15:25 |
| Código de Laboratorio | 14750 | 14750 | 14750 | 14750 |
| Matriz | 00001 | 00002 | 00003 | 00004 |
| | ARD | ARD | ARD | ARD |

| Ensayo | Unidad | L.C. | L.D. | | | | |
|--------------------------------------|-----------|------|------|----------|----------|----------|----------|
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | NMP/100ml | 1.8 | -- | >160 000 | >160 000 | >160 000 | >160 000 |



**BUREAU
VERITAS**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
 <"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
 >"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



**BUREAU
VERITAS**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

Pág. 3 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 128753L/19-MA-MB

MÉTODOS DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|--------------------------------------|--|
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 9221 E, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

MATRICES

| MATRIZ | DESCRIPCIÓN |
|--------|-------------------------|
| ARD | Agua residual doméstica |

NOTAS

Las muestras ingresaron al Laboratorio en condiciones adecuadas para la realización de los análisis solicitados.

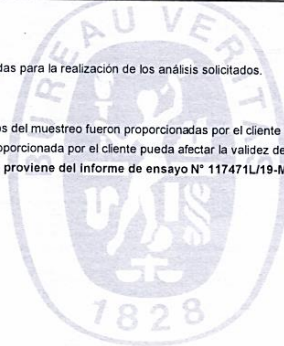
"L.C." significa Limite de cuantificación.

"L.D." significa Limite de detección.

Los datos para la identificación de las muestras recibidas y datos del muestreo fueron proporcionadas por el cliente

El laboratorio no se hace responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

La información contenida en el presente informe de ensayo proviene del informe de ensayo N° 117471L/19-MA-MB emitido el 18 de Noviembre de 2019.



**BUREAU
VERITAS**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com

Anexo 06. Informes de ensayo: Laboratorio acreditado: Inspectorate Services Perú S.A.C., con los resultados del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) - muestra después de la aplicación de EM agua activado.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 128752L/19-MA

| | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| ORGANISMO ACREDITADO | : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C. |
| REGISTRO DE ACREDITACIÓN | : N° LE - 031 |
| CLIENTE | : POLLET CRISTINA ROMERO HUAMAN |
| DIRECCIÓN | : JIRÓN DANIEL ALCIDES CARRIÓN 718 |
| PRODUCTO | : Agua residual |
| MATRIZ | : Agua residual doméstica |
| NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS | : Frascos de plástico |
| PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS | : Muestras enviadas por el cliente |
| PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : No declarado por el cliente |
| FECHA DE MUESTREO | : 2019-11-10 |
| LUGAR DE MUESTREO | : Quilcas - Huancayo - Junín |
| REFERENCIA DEL CLIENTE | : TESIS |
| FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS | : 2019-11-11 |
| FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO | : 2019-11-11 |
| FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO | : 2019-11-18 |
| ORDEN DE SERVICIO | : OS/L-19-11121 |

Callao, 03 de Diciembre de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

ING. DAISY L. VALLE ALVARADO
C.I.P. 169884
SUPERVISOR DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



BUREAU
VERITAS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N°LE - 031

Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 128752L/19-MA

ORGANISMO ACREDITADO : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.

REGISTRO DE ACREDITACIÓN : N° LE - 031

CLIENTE : POLLET CRISTINA ROMERO HUAMAN

DIRECCIÓN : JIRÓN DANIEL ALCIDES CARRIÓN 718

PRODUCTO : Agua residual

MATRIZ : Agua residual doméstica

NÚMERO DE MUESTRAS : 4

PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : Frascos de plástico

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : Muestras enviadas por el cliente

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : No declarado por el cliente

FECHA DE MUESTREO : 2019-11-10

LUGAR DE MUESTREO : Quilcas - Huancayo - Junin

REFERENCIA DEL CLIENTE : TESIS

FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 2019-11-11


FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 2019-11-11

FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019-11-18

ORDEN DE SERVICIO : OS/L-19-11121

Callao, 03 de Diciembre de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company


ING. DAISY L. VALLE ALVARADO
C.I.P. 169884
SUPERVISOR DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



**BUREAU
VERITAS**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

Pág. 3 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 128752L/19-MA

MÉTODOS DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|-------------------------------|--|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. |

MATRICES

| MATRIZ | DESCRIPCIÓN |
|--------|-------------------------|
| ARD | Agua residual doméstica |

NOTAS

Las muestras ingresaron al Laboratorio en condiciones adecuadas para la realización de los análisis solicitados.

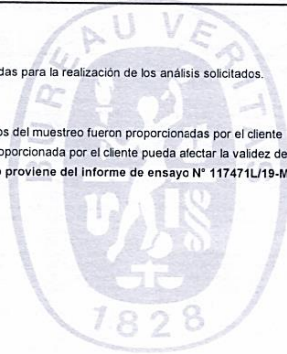
"L.C." significa Límite de cuantificación.

"L.D." significa Límite de detección.

Los datos para la identificación de las muestras recibidas y datos del muestreo fueron proporcionadas por el cliente

El laboratorio no se hace responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

La información contenida en el presente informe de ensayo proviene del informe de ensayo N° 117471L/19-MA-MB emitido el 18 de Noviembre de 2019.



**BUREAU
VERITAS**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com

Anexo 07. Cadena de custodia de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos - muestra línea base.

| CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO DE AGUA | | | | | | | | | | Nº 066716 | | Código: F-OMA-051 Versión: 08 Fecha: 31/01/2019 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------|--|---------------|--|---------------|---|--------------------|--|--|--|---|--|---------------|--|--------------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|
| DATOS DEL SOLICITANTE Cliente Solicitante: [Handwritten] Dirección: [Handwritten] Contacto: [Handwritten] Correo Electrónico: [Handwritten] Teléfono: [Handwritten] | | | | | PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS Referencia/Proyecto: [Handwritten] Distrito: [Handwritten] Provincia: [Handwritten] Dpto.: [Handwritten] | | | | | Nº Orden de Servicio (OS): 04173-19/OMA | | Nº Bol. Servicio (BS Lab): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS DEL ENVÍO Fecha: 29-09-2019 | | | | | | | TIPO DE SERVICIO Agencia: T privado: [Handwritten] Aerolínea: Otro: [Handwritten] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYOS SOLICITADOS (ver reverso) | | | | | | | | | | RESULTADOS ANALÍTICOS RESULT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTACION DE MUESTREO | | | | | | MUESTREO | | | | TIPO DE MATRIZ | | | | ALTIMETRO | | Cantidad de Emesas | | Tª Mta. (C) | | pH | | OD | | DWP | | Conductividad | | Cloro Libre | | Turbidez | | Caudal | | Material | | Observaciones | | | |
| NOMBRE | | DESCRIPCIÓN | | FECHA | | HORA | | TIPO DE MATRIZ (E) | | DECONFERENCIA (UTM WGS84) | | ZONA (Y, X, YR) | | E | | A/G | | A | | C | | D | | E | | F | | G | | H | | I | | J | | K | | L | |
| [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | | [Handwritten] | |

TIPO DE MATRIZ

AGS: Agua Subterránea | AP: Agua Pluvial
 AS: Agua Superficial | AC: Agua para Uso y Consumo "Normal"
 AR: Agua Residual Doméstica | AMAR: Agua de Mar (salina)
 ARD: Agua Residual Industrial | APRD: Agua de Proceso
 ARM: Agua Residual Municipal

CONTROL DE CALIDAD

BR: Blanco de Campo | BVR: Blanco Viajero | DUP: Duplicado

* Incluye: Agua de Bebida, Piscina o Laguna Artificial.

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS:

| Nombre | Marca | Código Interno |
|--------|-------|----------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO UTILIZADO

OBSERVACIONES (Campo)

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Envases allocated: [Handwritten]

Muestras dentro tiempo máximo de conservación: [Handwritten]

Condiciones de preservación (pH): [Handwritten]

Condiciones de conservación (T): [Handwritten]

Note: En caso de No Conformidad (NC) especificar en el cuadro de Observaciones.

C: Confirma NC: No Confirma

Observaciones (Laboratorio)

Información proporcionada por: Muestreado por INSPECTORATE Muestreado por EL CLIENTE

Firma del Inspector responsable del muestreo

Nombre: [Handwritten] | Fecha: [Handwritten]

Firma del supervisor en campo (o cliente)

Nombre: [Handwritten] | Fecha: [Handwritten]

Sello de Recepción de Muestras

Nombre: [Handwritten] | Fecha: [Handwritten]

Anexo 08. Cadena de custodia del parámetro coliformes fecales o termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) - muestra después de la aplicación de EM agua activado.

| CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO DE AGUA | | | | | | | | | | N° 074958 | | Código: F-OMA-051 Versión: 09 Fecha: 16/09/2019 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|------------------|-------|--|--|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------------|--|---|--|-------------------------------|--|----------|--|--------------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|----------------|--|--------------|--|-------------------|--|--|--|
| | | | | | | | | | | Hojas 1 de 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS DEL SOLICITANTE | | | | PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS | | | | N° Orden de Servicio (OS) | | N° Sol. Servicio (S/S Lab) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cliente Solicitante: <u>Centro Romo Huamán</u> | | | | Referencia/Proyecto: <u>TESIS</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección: <u>C. Manuel Abad, Correo 318</u> | | | | Distrito: <u>Quilcas</u> | | | | DATOS DEL ENVÍO | | TIPO DE SERVICIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contacto: <u>Prof. Cristina Romo Huamán</u> | | | | Provincia: <u>Huanuco</u> Dpto. <u>Junín</u> | | | | Fecha: <u>10-11-2019</u> | | Semanal | | Semanal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Correo Electrónico: <u>lorne.epc@gmail.com</u> | | | | ENSAYOS SOLICITADOS (ver reverso) | | | | Agencia: <u>T. Privado</u> | | Mensual | | No periódico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teléfono: <u>941 726225</u> | | | | | | | | Aerolínea: | | Otro: | | Trimestral | | Otro: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | RESULTADOS PARAMETROS IN SITU | | | | OBSERVACIONES DE CAMPO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Tª Mue. (C°) Tª Amb. (C°) | | pH (Unidad de pH) | | OD (mg/L) | | OBP (MV) | | Conductividad (µmhos/cm) | | Cloro Libre (mg/L) | | Cloro Total (mg/L) | | Turbidez (NTU) | | Caudal (L/S) | | Material Flotante | | (Indicar observaciones relevantes en el monitoreo: color, olor, sólidos, materiales extraños, etc) | |
| ESTACIÓN DE MUESTREO | | MUESTREO | | TIPO DE MATRIZ (Z) | | GEOREFERENCIA (UTM WGS84) | | ALTITUD (m s.n.m.) ZONA (T, Y, X, E) | | Cantidad de Envases | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | DESCRIPCIÓN | FECHA (dd/mm/aa) | HORA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T0 | Agua | 10-11-2019 | 14:35 | | | | | | | 6 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 | Agua | 10-11-2019 | 14:37 | | | | | | | 6 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T2 | Agua | 10-11-2019 | 14:21 | | | | | | | 6 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T3 | Agua | 10-11-2019 | 14:25 | | | | | | | 6 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Total Envases | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|--|---|--|
| TIPO DE MATRIZ | | EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS: | | | CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO | |
| ASUB: Agua Subterránea | AP: Agua Potable | Nombre | | | Especies adecuadas | |
| AS: Agua Superficial | AC: Agua para Uso y Consumo Humano* | Marca | | | Muestras dentro tiempo máximo de conservación | |
| ARD: Agua Residual Doméstica | AMAR: Agua de Mar (salina) | Código Interno | | | Condiciones de preservación (pH) | |
| ARI: Agua Residual Industrial | APRO: Agua de Proceso | PROCEDIMIENTO DE MUESTREO UTILIZADO | | | Condiciones de conservación (T°) | |
| AR: Agua Residual Municipal | | OBSERVACIONES (Campo) | | | Nota: En caso de No Conformidad (NC) especificar en el cuadro de Observaciones. | |
| CONTROL DE CALIDAD | | BKC: Blanco de Campo, BKV: Blanco Vacío, DUP: Duplicado | | | C. Confirma NC: No Confirma | |
| | | * Incluye: Agua de Bebida, Piscina o Laguna Artificial. | | | OBSERVACIONES (Laboratorio) | |
| | | Información proporcionada por: Muestreado por INSPECTORATE <input type="checkbox"/> Muestreado por BUREAU VERITAS <input type="checkbox"/> Muestreado por EL CLIENTE <input checked="" type="checkbox"/> | | | C. Confirma NC: No Confirma | |
| Firma del Inspector responsable del muestreo | | Firma del supervisor en campo (o cliente) | | | Sello de Recepción de Muestras | |
| Nombre: _____ Fecha: _____ | | Nombre: <u>Cristina Romo Huamán</u> Fecha: <u>10-11-2019</u> hora: _____ | | | Nombre: _____ Fecha: _____ | |
| Información proporcionada por: Bureau Veritas <input type="checkbox"/> Inspectorate <input type="checkbox"/> | | | | | | |

Anexo 09. Comprobante de pago por el servicio de análisis en laboratorio de Inspectorate Services Perú S.A.C.



INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C
 Av. Elmer Faucett Nro. 444
 Callao - Prov. Const. del Callao
 Prov. Const. del Callao - Perú
 Telf. +51 1 613-8080
 www.bureauveritas.com

R.U.C. 20385739771
BOLETA DE VENTA
ELECTRÓNICA
B001 - 00005390

| | | | |
|------------------------------|--|-------------------------------|--------------|
| Razón Social | : POLLET CRISTINA ROMERO HUAMÁN | Fecha de emisión | : 2019-05-29 |
| Dirección | : JIRÓN DANIEL ALCIDES CARRIÓN 718- HUANCAYO | Fecha de vencimiento | : 2019-05-29 |
| DNI | : 70038681 | Moneda | : SOLES |
| Referencia de Cliente | : Análisis de Laboratorio | Tipo de cambio de Ref. | : 0.00 |

| CODIGO | CANTIDAD | DESCRIPCION | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | VALOR UNITARIO | VALOR VENTA TOTAL |
|--------|----------|--|--------|-----------------|----------------|-------------------|
| 1 | 1.00 | Servicios Prestados Servicio de Análisis Análisis de Muestra (ARM-01) OS/O-19-04173 | NIU | 251.52 | 213.15 | 213.15 |

SON: DOSCIENTOS CINCUENTA Y UNO CON 52/100 SOLES

OPERACIÓN SUJETA AL SISTEMA DE PAGO DE OBLIGACIONES TRIBUTARIAS CON EL GOBIERNO CENTRAL 12%
CTA.CTE BANCO DE LA NACIÓN 00-000-496332
AGENTE DE RETENCION SEGÚN RESOLUCIÓN DE SUPERINTENDENCIA No 378-2013/SUNAT

| | | |
|---|-----------------------------|--------------------|
| Términos de Pago: | | |
| Transferencias electrónicas o depósitos | | |
| Cta. Cte Moneda Nacional: Banco de Crédito del Perú - 192-1530427-0-57 | | |
| CCI: 002-192-001530427057-30 | | |
| Cta. Cte Moneda Extranjera: Banco de Crédito del Perú - 192-1530494-1-44 | | |
| CCI: 002-192-001530494144-34 Swift: BCPLPEPL | | |
| Cheque a Nombre de: INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C. | | |
| Las facturas no pagadas en la fecha de su vencimiento estarán sujetas a un recargo mensual de acuerdo a la tasa de interés legal fijada por el BCR en la moneda origen | | |
| Contrato : 570292 | Ref.Interna : OS4173 | BU : 571704 |

| | |
|-----------------------------|--------|
| OP. GRAVADAS (S) | 213.15 |
| OP. INAFECTAS (S) | 0.00 |
| OP. EXONERADAS (S) | 0.00 |
| OTROS DESCUENTOS (S) | 0.00 |
| OTROS CARGOS (S) | 0.00 |
| I.G.V. 18% (S) | 38.37 |
| TOTAL (S) | 251.52 |

Representación Impresa de **BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA**
 Autorizado mediante Resolución de Intendencia Nro. **018-005-0002356 / SUNAT**
 Consulta tu Comprobante de Pago en nuestra Web:
http://fedtt-peru.com/Mercurio_BureauVeritas_Portal/Paginas/home





**BUREAU
VERITAS**

INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C
Av. Elmer Faucett Nro. 444 Prov. Const. del Callao
Callao - Prov. Const. del Callao
Prov. Const. del Callao - Perú
Tef. +51 1 613-8080
www.bureauveritas.com

R.U.C. 20385739771
**BOLETA DE VENTA
ELECTRÓNICA**
B001 - 00006149

| | | | |
|------------------------------|--|-------------------------------|--------------|
| Razón Social | : POLLET CRISTINA ROMERO HUAMÁN | Fecha de emisión | : 2019-12-05 |
| Dirección | : JIRÓN DANIEL ALCIDES CARRIÓN NRO. 718 HUANCAYO - JUNIN | Fecha de vencimiento | : 2019-12-05 |
| DNI | : 70038681 | Moneda | : SOLES |
| Referencia de Cliente | : Análisis de Laboratorio | Tipo de cambio de Ref. | : 0.00 |

| CODIGO | CANTIDAD | DESCRIPCION | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | VALOR UNITARIO | VALOR VENTA TOTAL |
|--------|----------|---|--------|-----------------|----------------|-------------------|
| 1 | 1.00 | Servicios Prestados Servicio de Análisis- OS/L-19-11121 Informe: 14139 Nº Cadena de Custodia: 003928-19-LAMA | NIU | 448.16 | 379.80 | 379.80 |

SON: CUATROCIENTOS CUARENTA Y OCHO CON 16/100 SOLES

OPERACIÓN SUJETA AL SISTEMA DE PAGO DE OBLIGACIONES TRIBUTARIAS CON EL GOBIERNO CENTRAL 12%
CTA.CTE BANCO DE LA NACIÓN 00-000-496332
AGENTE DE RETENCION SEGÚN RESOLUCIÓN DE SUPERINTENDENCIA No 378-2013/SUNAT

Términos de Pago:

Transferencias electrónicas o depósitos

Cta. Cte Moneda Nacional: Banco de Crédito del Perú - 192-1530427-0-57

CCI: 002-192-001530427057-30

Cta. Cte Moneda Extranjera: Banco de Crédito del Perú - 192-1530494-1-44

CCI: 002-192-001530494144-34 Swift: BCPLPEPL

Cheque a Nombre de: INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C.

Las facturas no pagadas en la fecha de su vencimiento estarán sujetas a un recargo mensual de acuerdo a la tasa de interés legal fijada por el BCR en la moneda origen

| | |
|-----------------------|---------------|
| OP. GRAVADAS (S/) | 379.80 |
| OP. INAFECTAS (S/) | 0.00 |
| OP. EXONERADAS (S/) | 0.00 |
| OTROS DESCUENTOS (S/) | 0.00 |
| OTROS CARGOS (S/) | 0.00 |
| I.G.V. 18% (S/) | 68.36 |
| TOTAL (S/) | 448.16 |

Contrato : 570292

Ref.Interna : OSL-19-11121

BU : 571704

Representación Impresa de **BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA**
Autorizado mediante Resolución de Intendencia Nro. **018-005-0002356 / SUNAT**
Consulta tu Comprobante de Pago en nuestra Web:
http://feddt-peru.com/Mercurio_BureauVeritas_Portal/Paginas/home



Anexo 10. Toma de muestras de línea base.



Ubicación de la estación de toma de muestras. Afluente del desarenador.



Rotulación de frascos.



Toma de muestras de agua residual en el afluente del desarenador.



Preservación de muestras.

Anexo 11. Activación de EM agua.



Materiales para la activación (EM agua y melaza).



Balde de capacidad de 20 litros.



Homogenizamos el EM agua y la melaza de caña.



Total de insumos (EM agua, melaza de caña y agua) homogenizados).



Se tapa herméticamente.



Características de EM agua activado (luego de 7 días).



Agregando EM Agua activado a unidades experimentales.

Anexo 12. Aplicación de EM agua activado en la unidad experimental; seguimiento y control de pH y temperatura.



Dosificación del EM agua activado.



Seguimiento y control de pH y temperatura de la unidades experimentales.



Codificación de las 12 unidades experimentales.

Anexo 13. Toma de muestras finales de las unidades experimentales.



Preparación de materiales para la toma de muestra de las unidades experimentales.



Toma de muestra para el parámetro de DBO.



Toma de muestra para el parámetro de coliformes termotolerantes.

Anexo 14. Visita previa a PTARD para inspección y verificación juntos a las autoridades del municipio.



Pre tratamiento: cámara de rejas y desarenador.



Tratamiento primario: Cámara de sedimentación y de digestión en forma de embudo.



Tratamiento secundario: filtros biológicos.



Sedimentador.



Cámara de contacto.



Punto de vertimiento del agua residual al cuerpo de agua río Mantaro.