

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por la Ley 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

SANITARIA



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIA
ORGÁNICA POR MEDIO DE MICRORGANISMOS
EFICIENTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO YAULI-
2021”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

TECNOLOGÍA AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. ACUÑA MONTAÑEZ, Noemi

Bach. HUAMANI QUISPE, Nathaly Milagros

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCAVELICA, PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veintiocho días (28) del mes de octubre del año 2021, siendo las cinco y treinta de la tarde (05:30 pm.), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: Mg. Pedro Antonio Palomino Pastrana (Presidente), M.Sc. Jorge Luis Huere Peña (Secretario), Dr. Fernando Martín Toribio Román (Asesor), designados con Resolución de Decano N° 246-2021-FCI-UNH, de fecha 27 de setiembre del 2021, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA POR MEDIO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO YAULI-2021”**, presentada por las Bachilleres **Noemi ACUÑA MONTAÑEZ** y **Nathaly Milagros HUAMANI QUISPE**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas 6.30pm.; se comunicó a las sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonó el aula virtual para deliberar el resultado:

Noemi ACUÑA MONTAÑEZ

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

Nathaly Milagros HUAMANI QUISPE

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

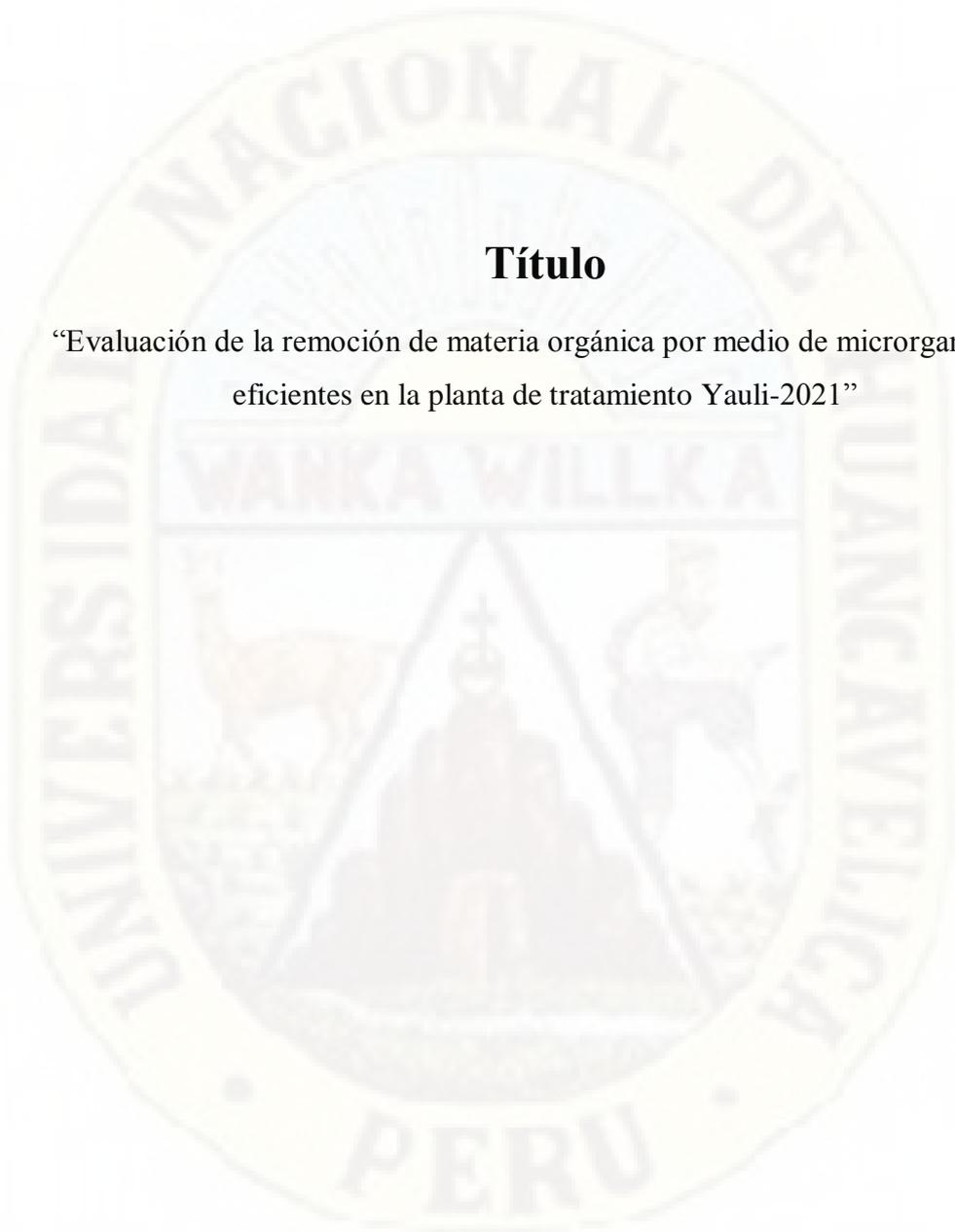
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

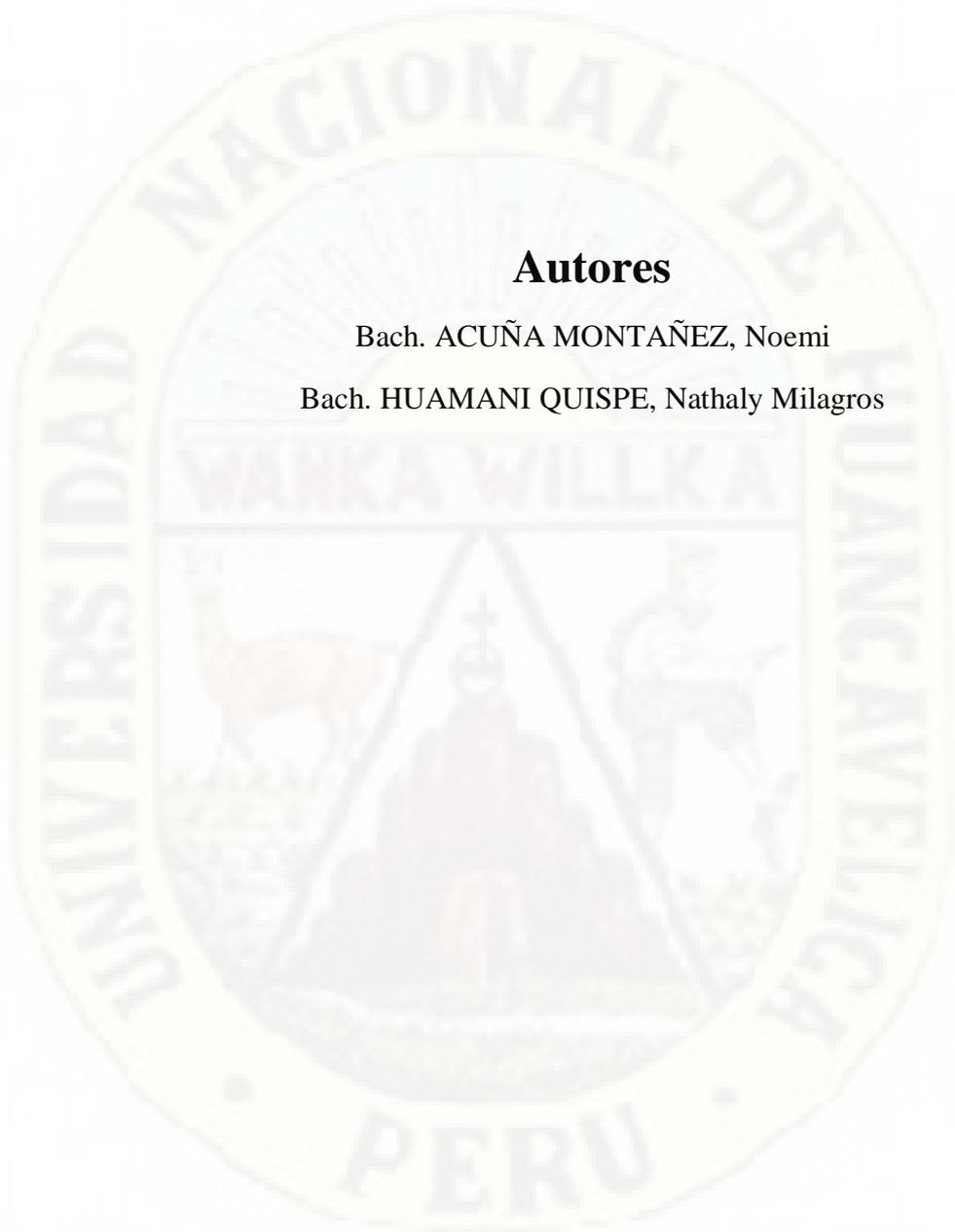
Asesor

B° Decano



Título

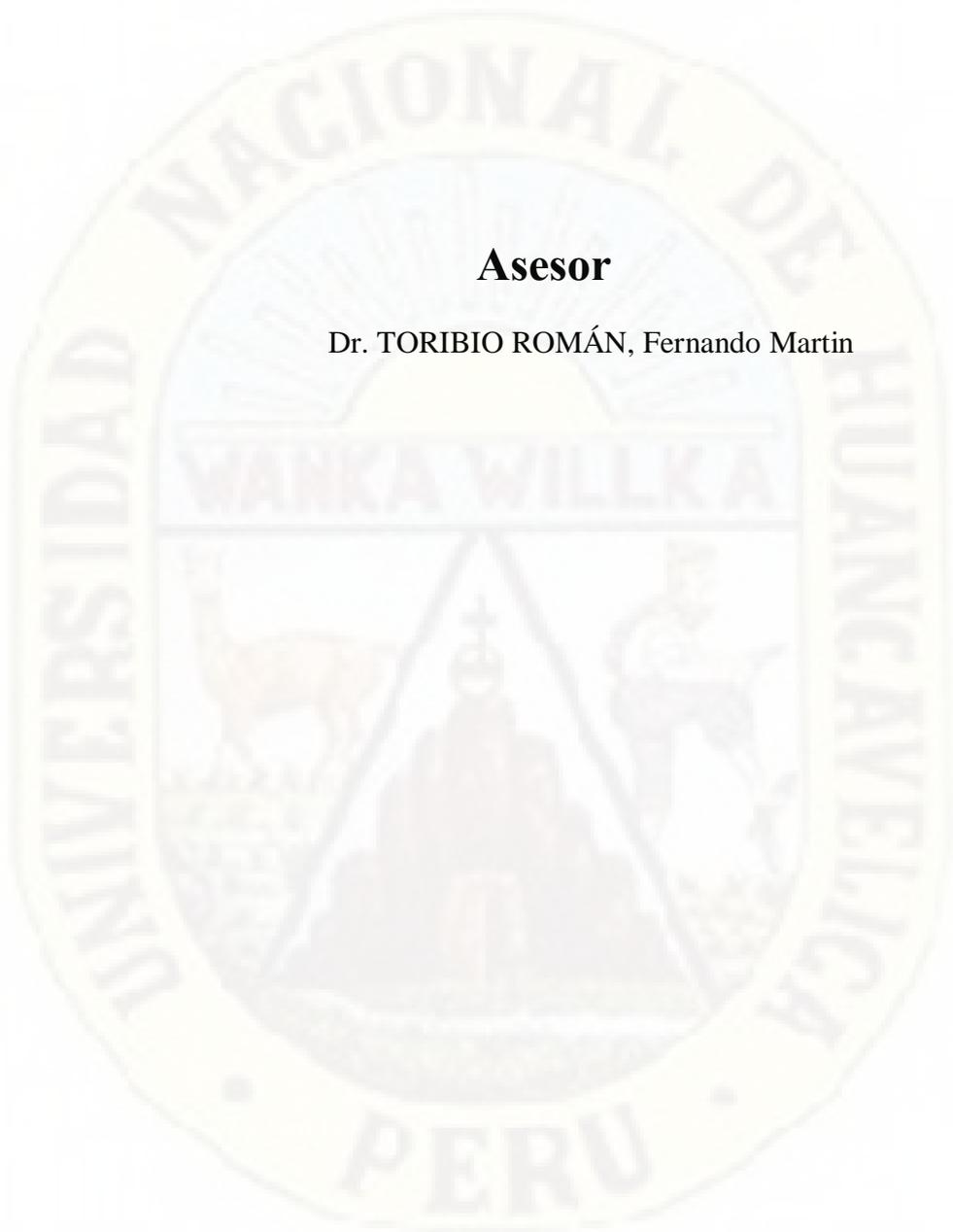
“Evaluación de la remoción de materia orgánica por medio de microorganismos eficientes en la planta de tratamiento Yauli-2021”



Autores

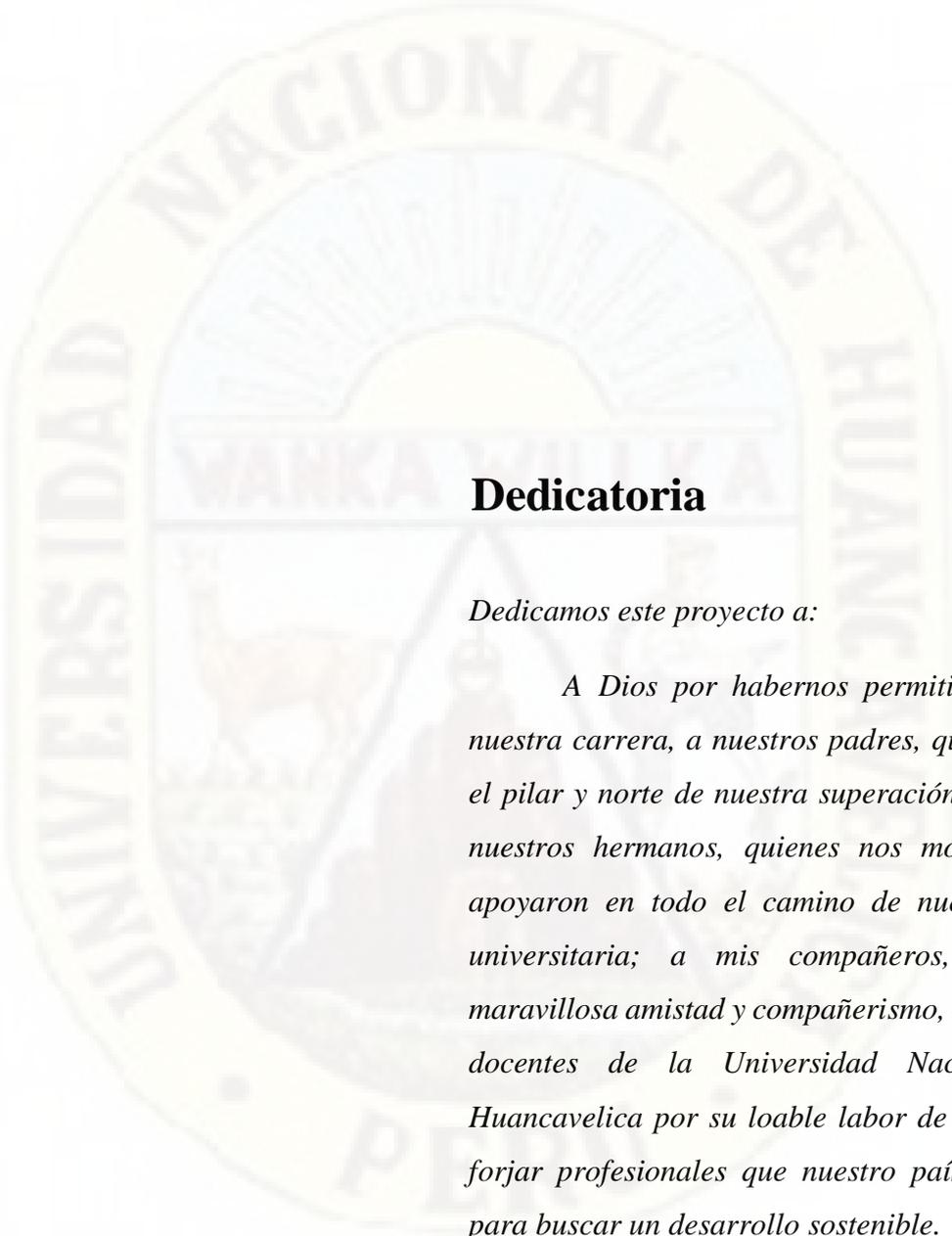
Bach. ACUÑA MONTAÑEZ, Noemi

Bach. HUAMANI QUISPE, Nathaly Milagros



Asesor

Dr. TORIBIO ROMÁN, Fernando Martin



Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a:

A Dios por habernos permitido lograr nuestra carrera, a nuestros padres, quienes son el pilar y norte de nuestra superación diaria; a nuestros hermanos, quienes nos motivaron y apoyaron en todo el camino de nuestra vida universitaria; a mis compañeros, por su maravillosa amistad y compañerismo, a nuestros docentes de la Universidad Nacional de Huancavelica por su loable labor de enseñar y forjar profesionales que nuestro país necesita para buscar un desarrollo sostenible.

Y en especial al futuro bebe que está por nacer, quien fue nuestro pilar para esforzarnos día a día, para lo cual esperamos su pronta llegada en un ambiente de amor y paz.

Agradecimiento

Deseamos expresar nuestro infinito agradecimiento:

A Dios, por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud en estos tiempos difíciles de pandemia, por fortalecernos en los momentos más dificultosos de nuestra vida universitaria y por brindarnos una vida llena de experiencias, aprendizajes y sobre todo llena de amor.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, por acogernos en sus instalaciones durante los 5 años de formación y por desarrollarnos como profesionales con vocación.

Agradecemos al staff de catedráticos de la escuela profesional de ingeniería ambiental y sanitaria por el apoyo incondicional y por transmitirnos sus conocimientos a lo largo de nuestra formación profesional para hacer de nosotros unos buenos profesionales y servir al pueblo Huancavelicano y de manera especial, agradecemos profundamente al Dr. Fernando Martin Toribio Román por su paciencia, tiempo y su motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y lograr culminar satisfactoriamente esta etapa de nuestra vida profesional.

A nuestros padres y hermanos, por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica y moral, por inculcarnos valores para hacer de nosotros buenos hijos, ciudadanos y buenos profesionales al servicio de nuestra nación y asimismo por habernos forjado a seguir una carrera tan hermosa como lo es la ingeniería.

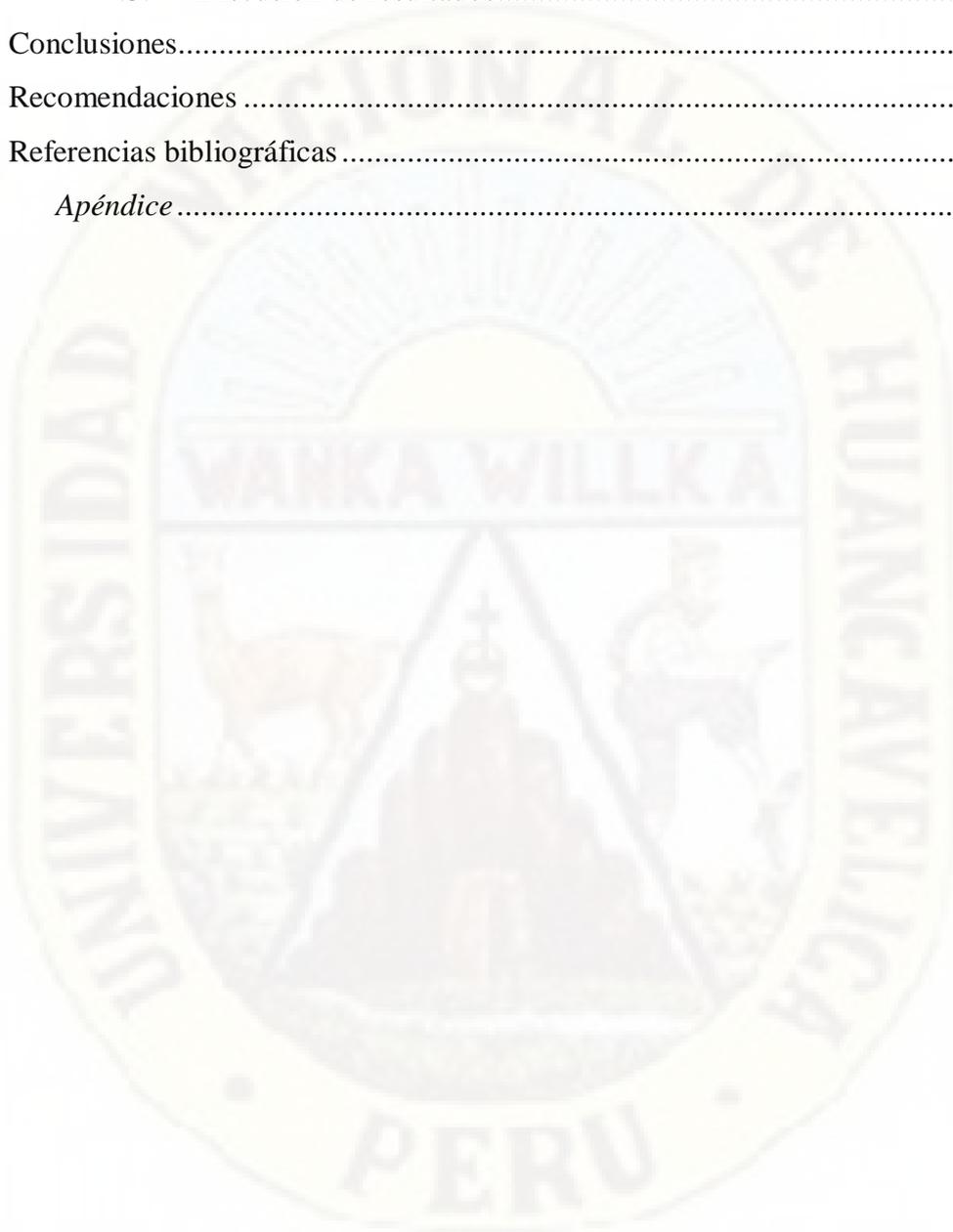
Y finalmente, a todos mis compañeros y amigos quienes durante estos cinco años de carrera universitaria fueron testigos de nuestro esfuerzo constante y de este magnífico logro.

Índice General

Título.....	iii
Asesor.....	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice General	viii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xiv
Resumen.....	xv
Abstract	xvi
Introducción.....	xvii
<i>CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</i>	<i>1</i>
1.1. Descripción del problema.	1
1.2. Formulación del problema	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Objetivo:.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Justificación.....	5
1.5. Limitación	7
<i>CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....</i>	<i>8</i>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales	11
2.1.3. Antecedentes Locales.....	16
2.2. Bases teóricas	17
2.3. Bases conceptuales	19
2.4. Definición de términos.....	35
2.5. Hipótesis.....	36
2.5.1. Hipótesis General	36
2.5.2. Hipótesis Específica.....	36

2.6.	Variables	37
2.7.	Operacionalización de variables	38
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS		41
3.1.	Ámbito temporal y espacial.....	41
3.2.	Enfoque de investigación	44
3.3.	Tipo de investigación	45
3.4.	Nivel de investigación.....	45
3.5.	Diseño de investigación	45
3.6.	Método de investigación	47
3.7.	Población, muestra y muestreo.....	51
3.8.	Técnica e instrumento de recolección de datos	52
3.9.	Procedimiento de la investigación	58
3.10.	Técnicas de procesamientos y análisis de datos	66
3.11.	Descripción de la prueba de hipótesis.....	67
CAPITULO IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS		69
4.1.	Análisis de información	69
4.1.1.	Presentación de resultados del objetivo general	69
4.1.2.	Presentación de resultados para el objetivo específico 1	71
4.1.3.	Presentación de resultados para el objetivo específico 2	72
4.1.4.	Presentación de resultados para el objetivo específico 3	72
4.2.	Proceso de Prueba de hipótesis.....	73
4.2.1.	Supuestos de varianza	73
4.2.2.	Prueba de hipótesis	87
4.2.2.1.	<i>Prueba de hipótesis para el objetivo general</i>	<i>87</i>
4.2.2.1.1.	<i>Prueba inferencial para la materia orgánica en función del DBO5</i>	<i>87</i>
		<i>87</i>
4.2.2.1.2.	<i>Prueba inferencial para la materia orgánica en función del DQO</i>	<i>92</i>
		<i>92</i>
4.2.2.2.	<i>Prueba de hipótesis para el objetivo específico 1 (DBO)- Prueba inferencial</i>	<i>97</i>
4.2.2.3.	<i>Prueba de hipótesis para el objetivo específico 2 (DQO) - Prueba inferencial</i>	<i>101</i>

4.2.2.4. Prueba de hipótesis para el objetivo específico 3 (STS) - Prueba inferencial	105
4.3. Discusión de resultados.....	110
Conclusiones.....	115
Recomendaciones	116
Referencias bibliográficas	117
Apéndice	126



Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de tratamiento de aguas residuales	34
Tabla 2 Límites Máximos Permisibles Para los Efluentes de PTAR	35
Tabla 3 Operacionalización de variables	38
Tabla 4 Tratamientos de la concentración de EM vs tiempo de retención hidráulico	47
Tabla 5 Técnica e instrumentos de recolección de datos	52
Tabla 6 Confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos	53
Tabla 7 Validación de la ficha de campo	57
Tabla 8 Localización de PTAR.....	61
Tabla 9 Tratamiento con Microorganismo Eficiente	62
Tabla 10 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos	74
Tabla 11 Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error.....	76
Tabla 12 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos	77
Tabla 13 Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error.....	79
Tabla 14 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos	80
Tabla 15 Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error.....	82
Tabla 16 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos	83
Tabla 17 Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error.....	84
Tabla 18 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos	85
Tabla 19 Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error.....	87

Tabla 20 Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”	89
Tabla 21 Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	90
Tabla 22 Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente	90
Tabla 23 Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes	91
Tabla 24 Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”	93
Tabla 25 Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	94
Tabla 26 Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente	95
Tabla 27 Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de EM	95
Tabla 28 Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”	98
Tabla 29 Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda biológica de Oxígeno (DBO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	99
Tabla 30 Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda biológica de Oxígeno (DBO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente	99
Tabla 31 Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes	100
Tabla 32 Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”	102
Tabla 33 Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda Química de Oxígeno (DQO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	103
Tabla 34 Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda Química de Oxígeno (DQO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente	103
Tabla 35 Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes	104
Tabla 36 Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”	106
Tabla 37 Prueba Post Hoc de los resultados de Sólidos Totales Suspendedos (STS) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	107

Tabla 38 Prueba Post Hoc de los resultados de Sólidos Totales Suspendidos (STS) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente108

Tabla 39 Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes108

Tabla 40 Matriz de consistencia127



Índice de figuras

Figura 1 Células procariotas y eucariotas	20
Figura 2 Los tres grupos de microorganismos componentes del EM.....	23
Figura 3 Reacción de oxidación(nitrificación) y de reducción(desnitrificación)	24
Figura 4 Mapas de ubicación política de la localidad de Yauli.....	42
Figura 5 Vía de acceso Huancavelica-Yauli	43
Figura 6 Topografía accidentada de Yauli	44
Figura 7 Tratamientos	47
Figura 8 Diagrama de proceso de tratamiento con Ema	62
Figura 9 Procedimiento de intervalos de confianza.....	67
Figura 10 Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica	69
Figura 11 Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica (DQO-Dosis).....	70
Figura 12 Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica.....	71
Figura 13 Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica	72
Figura 14 Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica	72
Figura 15 Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos	75
Figura 16 Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos	78
Figura 17 Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos	80
Figura 18 Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos	83
Figura 19 Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos	86
Figura 20 Diagrama de distribución o campana de Gaus	88

Resumen

La presente tesis: *Evaluación de la remoción de materia orgánica por medio de microorganismo eficientes en la planta de tratamiento Yauli-2021*, determinó la dosis optima de microorganismos eficientes y el tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de Yauli. La metodología de investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, de nivel explicativo con un diseño experimental factorial que aplicó 3 tratamientos con 3 repeticiones y 3 muestras testigos, con dosificaciones de 10,20, y 30 ml/ de Microorganismos Eficientes Activados durante diferentes tiempos de retención hidráulica de 11, 22 y 33 días; donde la población estuvo constituida por el volumen de agua residual que ingresa a la PTAR Yauli y la muestra fue de 20 L por unidad experimental, utilizó las técnicas de análisis documental, la observación, medición y fichaje y como instrumento empleo la cadena de custodia, ficha de campo y multiparámetro. Resultados: Se determinó que el tratamiento 6 para una dosis optima de 20 ml de EMA y un TRH de 33 días maximiza la remoción de la materia orgánica; ya que causo mayor disminución en el parámetro de DBO5 con 83.2167 mg/L equivalente al 65.52% de remoción, de DQO con 108,193 mg/L (66.88%) y de STS con 110.896 mL/L. Conclusión; la concentración de dosis de 20 ml y el tiempo de retención hidráulico de 33 días influye en la disminución de la materia orgánica de las aguas residuales, ya que garantizan el cumplimiento de la normativa peruana.

Palabras claves: *Microorganismos eficientes, materia orgánica, dosis optima, tiempo de retención hidráulica.*

Abstract

The present thesis: Evaluation of the removal of organic matter by means of efficient microorganisms in the Yauli-2021 treatment plant, determined the optimal dose of efficient microorganisms and the hydraulic retention time that maximizes the removal of organic matter from the wastewater of Yauli. The research methodology had a quantitative approach, of an applied type, of explanatory level with a factorial experimental design that applied 3 treatments with 3 repetitions and 3 control samples, with dosages of 10.20, and 30 ml / of Efficient Microorganisms Activated during different hydraulic retention times of 11, 22 and 33 days; where the population consisted of the volume of wastewater that enters the Yauli WWTP and the sample was 20 L per experimental unit, used the techniques of documentary analysis, observation, measurement and recording, and the chain of custody was used as an instrument. field tab and multiparameter. Results: It was determined that treatment 6 for an optimal dose of 20 ml of EMA and a HRT of 33 days maximizes the removal of organic matter; since it caused a greater decrease in the BOD5 parameter with 83.2167 mg / L equivalent to 65.52% removal, of COD with 108.193 mg / L (66.88%) and of STS with 110.896 mL / L. Conclusion; the concentration of doses of 20 ml and the hydraulic retention time of 33 days influence the reduction of organic matter in wastewater, since they guarantee compliance with Peruvian regulations.

Key words: *Efficient microorganisms, organic matter, optimal dose, hydraulic retention time.*

Introducción

En estos últimos tiempos, la contaminación de los recursos hídricos ha ido incrementando de manera considerable en casi todos los continentes de América Latina, Asia y África. El incremento de la población, la industrialización, el desarrollo urbano y una deficiente gestión por parte del estado, son las causas fundamentales de este mal que acecha a la población mundial. Por consiguiente, se estima que el deterioro de la calidad del agua decrezca aún más en las próximas décadas, generando impactos negativos en la salud de las personas, el desarrollo sostenible y en el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017). El Perú afronta uno de los retos más grandes respecto al manejo de sus aguas residuales, con la finalidad de mejorar las condiciones y calidad de vida de sus pobladores. Sobre todo en los sectores periurbanos y rurales en donde se percibe un pequeño número de habitantes que no poseen con un servicios de calidad de saneamiento básico, puesto que los sistemas de tratamiento de aguas residuales están diseñados habitualmente para las zonas urbanas, por lo que resultaría muy poco viable la implementación de estas tecnologías en estas zonas rurales, es por ello que en estos últimos tiempos esta problemática impulsa a los gobiernos locales a gestionar e implementar sistemas ecoeficientes, pero la falta de conocimiento, experiencia y la insuficiente información de estas tecnologías, obstaculizan la toma de decisiones y la ampliación de los sistemas (Ministerio del Ambiente, 2012).

Actualmente las biotecnologías con aplicación de microorganismos desempeñan papeles importantes en el mantenimiento de los recursos hídricos, ya que cumplen funciones positivas que hacen la vida más fácil y saludable para el hombre. Algunos países adoptan microorganismos eficientes en el tratamiento de las aguas residuales, puesto que es una forma de remover la materia orgánica de manera rápida y sencilla, gracias al poder sinérgico de las bacterias ácido lácticos, fototróficas y levaduras (Authorized Manufacturer, 2016). La localidad de Yauli no es ajena a este problema, es por ello que Ancalle & Ledesma (2020) en su proyecto de tesis mencionan que la PTAR-Yauli no cumple Límites Máximos Permisibles (LMP) para DBO5 fue de 732.9 mg/L superando así en 632.9 los LMP mencionados, asimismo la eficiencia de remoción del DQO fue solo del 8.2%, lo cual no cumple con la eficiencia

recomendada por la norma OS.090, es por ello se vio la necesidad de realizar el trabajo de investigación “Evaluación de la remoción de materia orgánica por medio de microorganismos eficientes en la planta de tratamiento Yauli-2021”; para ello se formuló la siguiente interrogante ¿Cuál es la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021?, es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo general determinar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli para el año 2021.

Este proyecto de investigación está compuesto por cuatro capítulos, que a continuación nombramos: capítulo I, planteamiento del problema, donde se describe y formula el problema y se especifica los objetivos planteados de acuerdo a la importancia del estudio; el capítulo II, marco teórico, donde se especifican las bases teóricas, marco teórico conceptual, antecedentes del estudio, las variables de estudio, las hipótesis y la Operacionalización de las variables. Prosiguiendo con el capítulo III, materiales y métodos, donde se considera aspecto metodológico de la investigación donde se precisó el tipo, nivel y diseño de investigación, población, muestra, muestreo, técnicas e instrumentos, procedimientos y procesamientos de datos. Y el capítulo IV, discusión de resultados, donde se detalla los resultados de la investigación, las pruebas de hipótesis y la discusión de los resultados. Finalmente, se presenta las referencias bibliográficas y apéndice.

Los autores.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema.

Las aguas residuales contienen en mayor cantidad materias orgánicas e inorgánicas. La materia orgánica está conformada por compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales domésticas, teniendo en mayor cantidad los excrementos humanos (microorganismos patógenos), nutrientes, metales pesados y algunos contaminantes emergentes; las cuales pueden causar color, olor, sabor, el desarrollo de microorganismos patógenos o implicar la presencia de materia no biodegradable, es por ello que si estas aguas son vertidas sin ningún previo tratamiento a las masas de aguas, generan crecimiento microbiano y con ellos la intoxicación de la cadena alimenticia acuática, la disminución de oxígeno, el aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad acuática provocando un efecto negativo sobre la vida acuática (Droste, 2018); así como generar un elevado riesgo en la salud pública, ya que al consumir alimentos directamente regados por aguas residuales sin tratamiento previo pueden generar riesgos de infección parasítica (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2016).

La condición de salud e higiene y la calidad del agua son básicos para el crecimiento y el bienestar de todos los habitantes del mundo. Según la Organización Mundial de la salud (2017) en el año 2016 la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró que el acceso al agua potable saludable, limpia y al saneamiento es un derecho humano. Acción Contra el Hambre (2017) declaró que por falta de acceso al agua, saneamiento y sistemas de higiene mueren anualmente 361.00 niños (as) menores de 5 años y que más del 80% de las aguas residuales generadas por las poblaciones, regresan al ecosistema sin tratamiento previo. La mala administración de estas aguas residuales, tienen alteraciones negativas sobre el ecosistema, la salud y la desnutrición.

De acuerdo al Banco Mundial (2013) menos del 15% de las aguas residuales domesticas reciben tratamiento, es por ello que las aguas negras son frecuentemente vertidas en las aguas que circulan sobre la superficie, originando un peligro evidente para la salud humana, la ecología y los animales. En México se evaluó que solamente

el 5% de las plantas de aguas residuales operan de manera satisfactoria (Kelly & Reynolds, 2002).

La mayoría de los países latinoamericanos tienen como opción la red de alcantarillado para tratar sus aguas residuales; estas aguas contienen principalmente materia orgánica y otros componentes en menor cantidad siendo vertidas a los desagües; para tratar estas aguas HANNA instruments (2014), señala que se debe establecer una alternativa al proceso de las aguas residuales por medio de tratamientos biológicos como plantas, bacterias o microorganismos que reducen los microorganismos perjudiciales y metales pesados (pág. 1).

Kelly & Reynolds (2002) afirman que, los individuos de bajos recursos se encuentran más vulnerables a las enfermedades y probablemente no tienen el conocimiento necesario de cómo mantener las condiciones salubres, lo cual lleva a una mayor propagación de enfermedades en la población general. Para mejorar las condiciones de salud y saneamiento en países en vías de desarrollo, se necesitan plantas de tratamiento eficientes para el manejo de agua potable y aguas residuales. Alrededor del 10% de las aguas de alcantarillado acumuladas en Latinoamérica son sujetas a cualquier tipo de tratamiento.

En el estudio de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2016) afirma que, en el Perú a fines del 2017, del total del agua residual recolectada, solo el 29.1% poseen un sistema de tratamiento de aguas residuales y el restante se descarga sin un previo tratamiento a cuerpos receptores o se utilizó para fines de riego. De igual modo el organismo público regulador ha identificado del total de 143 plantas de tratamiento de aguas residuales, solo el 34.5% logran un tratamiento eficiente. El problema que afecta a la eficacia de las PTARs, lo conforma la mala elección del sistema adecuado de tratamiento, así como el mal diseño, ya que existe varias plantas de tratamiento a nivel nacional que han colapsado (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2016).

Beltrán & Campos (2016) afirma que las ciudades más pobladas del departamento de Junín producen niveles altos de contaminación en hábitats acuáticas por aguas residuales; entre ellos el río Mantaro, entre otros; las plantas de tratamiento son escasas y por lo general, las aguas residuales son vertidas a los ríos o los lagos, generando contaminación por exceso de materia orgánica o agentes biológicos.

En la actualidad se ha desarrollado métodos innovadores para el tratamiento de aguas residuales; en el año 1980 el Profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukus-Japón, utilizó Microorganismos Eficientes- EM que, al entrar en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatos y antioxidantes. La aplicación de los productos EM en las aguas residuales, obtienen niveles deseables de calidad de agua y lodo residual para el ambiente, degradando y transformando la materia orgánica, asimismo con este método innovador se logra reutilizar el agua varias veces (Beltrán & Campos, 2016).g

Acorde al Informe Nacional del Perfil Sociodemográfico del Perú, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017) indica que la ciudad de Huancavelica no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR), lo que ha originado que el agua residual doméstica y municipal de uno 23 mil habitantes sea descargada directamente al río Ichu, sin antes tener un tratamiento previo. Es por ello que la inadecuada disposición final ha ocasionado que los contaminantes orgánicos, inorgánicos y biológicos alteren la composición natural de este río, lo cual genera la contaminación del agua, la emanación de malos olores y la presencia de vectores en los puntos de descarga, afectando con ello los ecosistemas acuáticos y la salud física y social de las personas (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 2016). A la vez es preciso indicar que la ciudad de Huancavelica cuenta con una planta de tratamiento de las aguas residuales; que hasta la fecha no se encuentra en funcionamiento debido a que presenta fallas en su construcción (Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento, 2015).

Según el informe N°009-2018-GDEy SC-SGRR.SS-MDY/HVCA presentado por el sub gerente de residuos sólidos Romel Llanco Taype, la PTAR de Yauli, tiene como unidad de tratamiento secundario dos filtros biológicos de forma rectangular relleno con material filtrante (piedras) que tienen la finalidad de degradar y eliminar la materia orgánica mediante una capa de microorganismos denominado Biopelícula. Sin embargo, el documento mencionado señala que el filtro biológico no es la unidad de tratamiento adecuado para la remoción de la materia orgánica y a la vez mencionan que este sistema no está cumpliendo sus funciones debido a la falta de mantenimiento, ya que, desde el inicio de su operación hasta la fecha no se han realizado ningún tipo de limpieza a ninguno de los procesos (Llanco, 2018).

Asimismo, Ancalle & Ledesma (2020) en su tesis mencionan que la PTAR-Yauli no cumple con los LMP aprobado con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, asimismo mencionan que la eficiencia de remoción del DQO fue solo del 8.2%, lo cual no cumple con la eficiencia recomendada por la norma OS.090. A su vez recomiendan implementar un nuevo sistema y tecnología de tratamiento con el objetivo de bajar la concentración de la DBO y evaluar la eficiencia de tratamiento de los parámetros de control según la norma mencionada.

Estos últimos años la comunidad científica ha buscado alternativas tecnológicas que contribuyan a la solución de la contaminación del agua, de manera que garanticen la reutilización de aguas residuales (Franco & Ricaurte, 2018); es por ello que en respuesta a la problemática indicada, se aplicó una alternativa de solución a escala de laboratorio, mediante la utilización de microorganismos eficientes las cuales solucionaron los problemas de concentraciones altas de carga orgánica.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la dosis óptima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la dosis óptima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO_5 en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021?

- ¿Cuál es la dosis óptima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021?

- ¿Cuál es la dosis óptima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de STS en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021?

1.3. Objetivo:

1.3.1. Objetivo general

Determinar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estimar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO₅ en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

- Estimar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

- Estimar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de STS en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

1.4. Justificación

El agua es el recurso natural más importante para la vida en el planeta tierra. Sin embargo, en la actualidad se percibe que los recursos hídricos vienen siendo contaminados indiscriminadamente por las diversas actividades antrópicas, tales como el vertimiento de las aguas residuales, residuos sólidos y entre otros (Naciones Unidas, 2015), ocasionando la muerte de la flora y fauna acuática presente y el deterioro del ciclo hidrológico que repercute en la disminución de este recurso y su posible uso, generando con ello la escases del agua potable y el uso indiscriminado de este (Paredes, 2016). Es por ello que esta investigación solucionó este problema, utilizando la tecnología de los Microorganismos Eficientes, ya que estos cumplieron un rol importante en la depuración de las aguas residuales, puesto que estimularon la descomposición rápida de la materia orgánica para los parámetros de DBO₅, DQO y SST (Canales & Sevilla, 2016). Además, tuvieron la ventaja respecto a los productos químicos, de ser totalmente seguros y de no ser tóxico para los seres vivos.

1.4.1. Justificación científica o teórica

La investigación aportará conocimiento sobre la eficiencia de remoción de materia orgánica por medio de la tecnología del EM en las aguas residuales, dentro de las ciencias sociales y ambientales para mejorar los niveles de conocimiento sobre el

tema, cuyo resultado podrá emplearse como base para la elaboración de nuevas propuestas y para la toma de decisiones. Asimismo, servirá como fuente de consulta para estudiantes interesados en la investigación de microorganismos eficientes.

1.4.2. Justificación metodológica

El presente trabajo de investigación tuvo una importancia metodológica, ya que la investigación contribuyó con un nuevo instrumento de recolección de datos en campo, mediante la técnica del fichaje, la cual garantizó el registro de los datos de manera ordenada; y con ello ayudó a una rápida y eficaz recolección de datos en campo, para facilitar el proceso de obtención de resultados.

1.4.3. Justificación social

Actualmente se vierte aguas residuales provenientes de la PTAR-Yauli que no cumplen con la normativa ambiental, lo cual ha generado la preocupación y molestia a los pobladores de Yauli, ya que se les expone a focos regularmente infecciosos y a la presencia de olores nauseabundos; por tal motivo fue necesario realizar este estudio porque garantiza la seguridad sanitaria de la población, a través de nuevos métodos que logran el tratamiento de estas aguas, asimismo se promueve que las autoridades empleen los EM en las plantas de tratamiento como una alternativa de solución .

1.4.4. Justificación práctica

Esta investigación se realizó frente a la necesidad de analizar la concentración de la materia orgánica con el propósito de hacer cumplir la normativa ambiental respectiva, con la finalidad de no contaminar el recurso hídrico. Así mismo los resultados de la investigación constituirá una base de datos para la generación de documentos en cuando a la biorremediación de aguas residuales, los cuales se usarán para dar solución al problema de contaminación del agua del río Yauli, con la finalidad de evitar pérdidas en la producción. De esta forma solucionamos problemas sociales y económicos que aquejan a la localidad de Yauli.

1.4.5. Justificación Económica

Este trabajo de investigación beneficiará a los habitantes de la localidad de Yauli, ya que conllevará a que las autoridades municipales y regionales, realicen proyectos de mejoramiento de las plantas de tratamiento mediante la aplicación de EM, con la finalidad de garantizar la seguridad y crecimiento económica, ya que el costo de este producto es mínimo, también incrementara la producción de animales y

servirá como recurso para el riego de vegetales. Además, esta tecnología puede aplicarse en centros poblados, instituciones y ciudades, porque es bastante económica y fácil de manipular, ya que se pueden implementar en PTAR, debido a que es una alternativa que se adapta a medios aerobios y anaerobios y porque también remueven la materia orgánica de manera natural, sin generar daños al medio ambiente.

1.4.6. Justificación Política

Servirá como fuente de consulta para las autoridades locales y municipales, la cual será un punto de motivación para la toma de decisiones políticas, en beneficio de la población, mediante la búsqueda de una adecuada gestión del manejo de aguas residuales a través de la elaboración de proyectos de mejoramientos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, capacitaciones y apoyo técnico para el personal de operación y mantenimiento, para garantizar un buen tratamiento de aguas residuales.

1.4.7. Justificación Ambiental

El presente trabajo de investigación tiene importancia ambiental, ya que las altas concentraciones de materia orgánica, originan la pérdida de servicios ecosistémicos, es por ello que la investigación contribuyó a gestionar el tratamiento de las aguas residuales de manera eficiente, mediante la aplicación de microorganismo eficientes (EM) lo cual garantiza la reducción de la materia orgánica que involucran el ascenso de la contaminación ambiental, ya que es una solución óptima cuyos resultados fueron viables para el estudio, generando bajos costos, en menor tiempo y con mayor eficacia, que a su vez permitirá un trabajo continuo, medible, evaluable y auto sostenible y optimizado para mejorar la integridad del ecosistema y biodiversidad y garantizar un desarrollo ambiental sostenible (Authorized Manufacturer, 2016).

1.5. Limitación

1.5.1. Limitación económica

El presente trabajo de investigación tuvo limitaciones en el aspecto económico debido a que estuvo auto subvencionado.

1.5.2. Limitación espacial

Se tuvo limitaciones en el acceso al lugar por la distancia y un permiso especial de entrada al lugar.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Espinoza & Zambrano (2019) en su investigación *Eficiencia de microorganismos (Saccharomyces sp, Lactobacillus spp, Rhodospseudomona spp) en el tratamiento de aguas residuales de la ESPAM MFL*, tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de los EMA en las aguas residuales de ESPAM. Donde emplearon microorganismos eficientes para resolver problemas de contaminación hídrica. La metodología de investigación fue de tipo cuantitativo- deductivo, con diseño experimental que aplicó 3 tratamientos con 3 reiteraciones en concentraciones de (0.75, 1.25, 2.00 %) de EMA, con una duración de 7 días; la población estuvo constituida por el agua residual. Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos evidenciaron que las aguas residuales necesitaban un tratamiento que remueva la DBO5 y DQO, esto porque no cumplía con los Límites Máximos Permisibles; pero al aplicar los EM permitió que los parámetros cumplieran criterios de calidad de agua; la dosis óptima fue al 2% de EM, la cual presentó la máxima remoción de DBO de 304 mg/L lo cual equivale al 58,70% y con respecto a DQO se obtuvo un resultado de 395 mg/L lo cual equivale al 56,97%. A comparación de la dosis de 1,25% donde se presentó la remoción más baja para DBO de 632 mg/L (14.67%) y con respecto a DQO se obtuvo un resultado de 734mg/L (19.06%). En conclusión, los tratamientos aplicados estadísticamente presentaron valores significativos de $p < 0,05$ en la DBO5 y DQO. Por lo tanto, se aceptó la hipótesis establecida en el estudio.

Según Nowell (2018) en su investigación *Evaluación de microorganismos efectivos (ME), para aplicación en aguas residuales de la planta de tratamiento CHICHORIN, diagnóstico y servicios en el Municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala, C.A.*, tuvo como objetivo evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en las aguas residuales del municipio. Tuvo como metodología de investigación un diseño experimental, aplicó 5 tratamientos más 1

testigo y 3 repeticiones, con dosificaciones de 0, 85, 127.5, 170, 212.5 cm³(ml), durante 24 días; utilizó la técnica de observación y entrevista; la población estuvo conformada por el agua residual. Los resultados indicaron: la dosis óptima para DBO fue 127 cm³(ml) EM con un resultado de 110 mg/L lo cual equivale al con 21.42 % de remoción; para DQO 212.5 cm³(ml) EM con un resultado de 290 mg/L lo cual equivale al con 14.70 % de remoción; la dosis óptima para STS fue de 127 cm³(ml) EM con un resultado de 78 mg/L lo cual equivale al 29.09 % de remoción; al aplicar 85 cm³ EM obtuvo la mayor eficiencia de 80.83% en los coliformes totales, pero solo en los primeros días. Se concluye que, al aplicar el EM, no se obtuvo eficiencia en los tratamientos, ya que se obtuvieron porcentajes de remoción inferiores al 50%, puesto que no hubo efecto positivo en la turbidez, no redujo el DBO por falta de oxígeno disuelto, no disminuyó la DQO, no redujo los sólidos en suspensión y no disminuyó los coliformes totales.

Según Murillo (2018) en su investigación *Eficiencia del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de aguas residuales de las queserías artesanales de Quimiag*, tuvo como objetivo reducir los parámetros de DBO, DQO, sólidos suspendidos y totales, aplicando los microorganismos eficientes. Su metodología de investigación fue de tipo experimental-correlacional que aplicó 1 blanco y 3 tratamientos con 3 repeticiones, con dosificaciones de 0.01, 0.02, 0.04 litros, lo cual equivale a 10, 20 y 30 ml de EMA/volumen de agua residual, durante 45 días con registros a los 10,30 y 45 días; utilizó la técnica de indagación y observación; la población estuvo conformada por los microorganismos eficientes con una muestra de 2 litros de agua residual. Resultados: El nivel de significancia fue menor a $P \leq 0,05$, por lo que se determinó que el tratamiento 2 (dosis de EM de 20 ml y Tiempo de 45 días) causó mayor disminución en la DBO₅ con 860mg/L lo cual equivale al 61% y DQO con 1180 mg/L lo cual equivale al 78%, sólidos totales con 12084 mg/L lo cual equivale al 73%, en los sólidos en suspensión no hubo diferencia porque fue mayor a $P \leq 0,05$, pero presentó una remoción de 800 mg/L lo cual equivale al 54%. Asimismo, se concluye que los tratamientos no fueron eficientes, porque los parámetros estudiados superan los límites máximos permisibles según el TULSMA.

Según Noles (2016) en su investigación *Determinación de la dosis de Eficiencia in Vitro de Microorganismos (EM) en aguas residuales de lagunas de*

oxidación de la Ciudad de Calceta- Bolivar – Manabí, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de los EMA in vitro para minimizar la contaminación de las lagunas de oxidación. La metodología de investigación tuvo un análisis deductivo, con nivel explorativo, que aplicó 3 tratamientos con 3 reiteraciones y con dosificaciones de 1 ml, 5ml y 10 ml de EMA, en tanto se realizó por 15 días con registros cada 5 días (5,10,15); utilizó las técnicas de: observación, entrevista, muestreo, análisis y cálculos; la población estuvo constituida por 3675 m³/día de agua residual. Los resultados indican que la dosis óptima fue de 5ml/L de EM para un tiempo de 15 días, ya que se obtuvo una máxima remoción de DBO de 5mg/L lo cual equivale al 99% y con respecto a DQO se obtuvo un resultado de 10 mg/L lo cual equivale al 98% los cuales garantizan el cumplimiento de los límites de descarga a un cuerpo dulce. A comparación de la dosis de 1ml para un tiempo de 5 días donde se presentó la remoción más baja para DBO de 292 mg/L (27%) y con respecto a DQO de 290 mg/L (40%). En conclusión, las dosificaciones establecidas fueron muy fiables en las lagunas evitando el problema de malos olores y la contaminación descargada hacia el río.

Según Pontaza (2016) en su investigación *Eficiencia de Microorganismos Efectivos (ME) al aplicarlos en la planta de aguas residuales San Cristóbal, Mixco, Guatemala*. Su objetivo fue evaluar la eficiencia de los microorganismos efectivos en las aguas residuales. El caudal de la planta excede un 75,85%, esto ha generado la necesidad de que brinden a dicha planta un tratamiento extra empleando los microorganismos efectivos para mejorar la calidad del efluente. La investigación duró 3 meses y llevó a cabo la toma de 20 muestras compuestas, 10 en entrada y 10 en salida. Resultados: El parámetro de sólidos sedimentables sin aplicar EM mostró una eficiencia de 97.21%, al aplicar EM 99.78% y aumentó la eficiencia a 2,57 %; DQO sin aplicar EM 46,62%, al aplicar EM se obtuvo un valor de 198mg/L (46,30%) y disminuyó la eficiencia a -0,30 %; DBO sin aplicar EM 29.53%, al aplicar EM se obtuvo un valor de 148mg/L(48.60%) y aumentó la eficiencia a 19.07%; sólidos suspendidos sin aplicar EM 75,72%, al aplicar EM se obtuvo un valor de 98mg/L 84,74% y aumentó la eficiencia a 9,02%. Al emplear los EMA, aumentó la eficiencia de remoción de materia orgánica a un 19,07%, siendo mayor al valor de 14,93% que se invertiría anualmente en la operación y mantenimiento de la planta; siendo factible implementar los EM. Asimismo, los parámetros cumplen con la norma ambiental.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Bazán & Nureña (2019) en su tesis *Efecto del tiempo y dosis de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales de las pozas de oxidación de Covicorti - Trujillo, 2019*, tuvieron como objetivo evaluar el efecto del tiempo y la dosis óptima de microorganismos eficaces en DBO5, coliformes termotolerantes y turbidez en aguas residuales de las pozas de oxidación de Covicorti. El mal olor de las aguas residuales, generó controversia en la zona por el mal manejo de la planta, es por eso que se tuvo como alternativa el uso de microorganismos eficaces para la disminución de los olores provenientes de las pozas de oxidación. La metodología de investigación fue de tipo aplicada-cuantitativa, con nivel descriptiva, con diseño experimental que aplicó 3 tratamientos con 3 reiteraciones y con dosificaciones de 0,10, y 50 ml/ de EMA, en tanto se realizó por 33 días con registros cada 11 días (11,22,33); utilizó la técnica de observación y como instrumento la ficha; la población estuvo constituida por el agua residual y la muestra fue de 30 litros de agua residual que ingresa a las pozas de oxidación. Tuvo como resultado reducciones en la DBO5 (mg/L) con un 86.12%, en la turbidez con un 99.12% y en CTT un 84.75%; la dosis óptima fue de 10 ml/ de EM con el máximo efecto en 33 días. Lograron mejorar los niveles de coliformes termotolerantes, DBO y turbidez hasta obtener cifras por debajo de los límites máximos permisibles conforme a la ley peruana vigente.

Delgado (2019) en su investigación *Influencia de los microorganismos eficaces (EM agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluyente del biorreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018*, tuvo como objetivo determinar la influencia de los Microorganismos eficaces (EM agua) en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del biorreactor. La metodología de investigación fue de tipo aplicada, con nivel explicativo, con diseño experimental que aplicó 12 unidades divididas en 3 grupos con dosificaciones de 4%, 6%, y 8% de EM agua, se evaluó por 39 días; utilizó la técnica medición directa con equipo multiparámetro y el instrumento de bitácoras manuales; la población estuvo constituida por el volumen de agua residual, con una muestra de 20 litros de agua residual. Tuvo como resultado reducciones en sólidos totales suspendidos con valor de 255,333 mg/l para una dosis media de 75 ml, pero no hubo reducciones en la DBO con

valor de 238,533 mg/L para una dosis baja de 50 ml y la DQO 468,933 mg/L para un control de 0 EM, asimismo hubo reducción en coliformes termotolerantes con valores de 2,933 mg/L a 3,000 mg/L con dosis respectivamente de control 0, baja 50 ml; se concluye que lograron la disminución de STS y los coliformes termotolerantes con valores menores a 1.8 NMP/ml, pero se indica que existió correlación entre la dosis EM con DBO y DQO cuanto más EM agua agregado mayor es la DBO y DQO.

Robles (2019) en su investigación de *Influencia de la concentración de microorganismos eficaces y el tiempo de retención hidráulico en la remoción de materia orgánica del agua residual del Distrito de Sapallanga*, tuvo como objetivo determinar la cantidad adecuada de microorganismos eficaces y el tiempo de retención en la remoción de materia orgánica del agua residual. Tras el incremento de la proliferación de microorganismos infecciosos y enfermedades, se buscó una alternativa eficiente como la dosificación y el tiempo de retención para remover la materia orgánica. La metodología de investigación fue de nivel correlacional, con diseño experimental factorial que aplicó 9 pruebas y 2 repeticiones, dividida en 3 grupos variando las concentraciones de 10 ppm, 30 ppm y 50 ppm de EM, con variación de tiempos de 3, 5 y 7 días; utilizó la técnica de indagación, análisis, toma de muestras en campo; la población estuvo compuesta por las lagunas facultativas con un caudal de 15m³ /min a 30m³ /min, volumen de 42000 m³ y una muestra de 30 litros de agua residual; los resultados después del tratamiento indicaron que el valor máximo de 50 ppm (5%) en 7 días remueve un 70% de DBO₅ igual a 97.5 mg/L y con un valor mínimo de concentración de 10ppm (1%) en 3 días remueve un 32.3% de DBO₅ igual a 210.8 mg/L. En conclusión, la concentración de dosis y el tiempo de retención hidráulico influye en la disminución de carga orgánica de las aguas residuales.

Según Vásquez C. D. (2019) en su investigación *Efecto de los microorganismos eficientes en la disminución de la demanda biológica de oxígeno del agua residual domésticas Dren 3100*, para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental en la Universidad Cesar Vallejo-Trujillo, tuvo como objetivo evaluar el efecto de la concentración óptima de microorganismos eficientes con el fin de disminuir la DBO₅ en las aguas residuales. El mayor efluente de agua residual proviene del distrito de la Victoria, generando focos infecciosos, tuvieron como alternativa usar microorganismos eficientes para la remoción de materia orgánica. La metodología de

investigación fue de tipo experimental, con un diseño cuasi experimental que aplicó 3 tratamientos con diferentes dosis de 5 ml ME/20L, 10 ml ME/20L, 15 ml ME/20L y con tiempos diferentes de 0, 15, 30 y 45 días; utilizó la técnica de muestreo no probabilístico; la población estuvo constituida por el caudal total del agua residual y la muestra fue de 61 litros de agua residual dividida en 3 series de 20 L. Según los resultados los microorganismos más eficientes fueron las *Saccharomyces* spp y los *Lactobacilos* spp; la concentración inicial de DBO fue 748 mg/L, al aplicar los EM la mayor disminución para DBO y DQO fue respectivamente de 89.9 mg/L, 99.4 mg/L a los 33 días con dosis de 10 ml. Lograron obtener la mejor dosis de 10 ml/L con un tiempo de 30 días de aplicado los ME, encontrándose dentro del rango de 100 mg/L de los Límites Máximo Permisible.

Mamani & Chávez (2018) en su investigación de *Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018*, tuvieron como objetivo evaluar la remoción de carga orgánica mediante un sistema aerobio con microorganismos eficientes en aguas residuales. La metodología de investigación fue de tipo experimental, aplicó 3 tratamientos con dosis de 0,3 y 4 litros de EM, durante 15 días con registro cada 5 días (5,10,15); utilizó la técnica de observación y como instrumento la cadena de custodia; la población estuvo constituida por las aguas residuales. Obtuvieron los siguientes resultados: Efectiva remoción de materia orgánica de 62%, 75% y 80% con respecto a los tratamientos de 0L, 3L y 4L EM agua. Asimismo, la mayor reducción de DBO fue 39 mg/L equivalente a 78% de eficiencia, para SST la mayor reducción fue 56 mg/L equivalente a 73% y la mayor reducción de CTT fue 1.027×10^3 NMP/1000 mL equivalente a 99.98%, donde los 3 parámetros tuvieron una dosis óptima de 4L de EM a los 15 días. Lograron la remoción de materia orgánica de DBO, SST y CTT, siendo la dosis óptima con relación al tiempo 4L de EM con un promedio de 80% de remoción estando por debajo de los LMP, asimismo todos los resultados de DBO cumplieron los LMP excepto el T de 0L de EM y todos los resultados de SST y CCT cumplieron con el LMP.

Según Vásquez A. (2017) en su investigación *Determinación del efecto de los microorganismos eficientes para la remoción del valor de la DBO en las aguas residuales domésticas de la localidad de Japelacio - 2016*, tuvo como objetivo

determinar la efectividad de los microorganismos eficientes en la remoción de DBO5 de las aguas residuales. Los parámetros del efluente excedían los límites máximos permisibles; esto generó polémica entre los pobladores, de tal modo que emplearon los microorganismos eficientes sin ningún estudio previo para mejorar la eficiencia de la planta. La metodología fue de tipo aplicada, con nivel explicativa, con diseño experimental que aplicó 3 tratamientos con 1 control; con dosificaciones de 5 ml, 10 ml, 15 ml, se registró cada 10 días durante 4 meses con 12 repeticiones; utilizó como instrumento la ficha; la población fue el caudal total de 256.6 m³/día y la muestra de 732 litros de agua residual. Resultados: Con 5 ml de EM tuvo 84.44 % de remoción, reduciendo la concentración inicial de DBO5 de 460.5 a 71.83 mg/L; con 10 ml de EM tuvo 93.33 % de remoción, reduciendo la concentración inicial de DBO5 de 460.5 a 30.83 mg/L; con 15 ml de EM tuvo 89.73 % de remoción, reduciendo la concentración inicial de DBO5 de 460.5 a 47.41 mg/L. La dosis óptima fue de 10 ml de EM con un nivel promedio de aceptabilidad de 93.33%, según los límites máximos permisibles para aguas residuales.

Beltrán & Campos (2016) realizaron la tesis *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja*, tuvieron como objetivo determinar los efectos de los EM en el lodo residual y en el tratamiento de la planta. Emplearon la metodología del método científico, específico descriptivo-experimental y el diseño pre-experimental de tipo pre prueba-post prueba, con 1 tratamiento y 1 repetición; se registró a los 0; 30; 60 y 90 días; utilizó la técnica análisis de datos; la población estuvo constituida por puntos de control de 21 hectáreas de agua residual y la muestra por 2 puntos de agua residual y 4 puntos de lodo. Sus resultados demostraron que los EM tuvieron efectos en los parámetros de aceites, color, grasas, olor y coliformes termotolerantes y efectos de reducción en sólidos totales, DBO y DQO; obtuvieron eficiencias de remoción a los 60 días de tiempo de retención para los dos puntos de control entrada y salida respectivamente para DBO 67.10% (entrada 915.10 kg/día - salida 301.07 kg), DQO 68.30% (1967.60 kg/día - 623.76 kg/día), STS 60.69%(3142.22 kg/día - 1235.17 kg/día), aceites y grasas 97.60% (771.77 kg/día - 18.53 kg/día) y CTT 99.55% (NMP x kg/día x10³ 6.5092E+11 - 2933539200 NMP x kg/día,x10³); en conclusión, los EM con 60 días tiempo de retención no lograron la reducción de solidos totales suspendidos, DBO y

DQO según los límites máximos permisibles, pero sí tuvo efecto en pH; temperatura; aceites y grasas y coliformes termotolerantes.

La tesis de Canales & Sevilla (2016) fue *Evaluación del uso de microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domésticos residuales del distrito de Patapo*, tuvieron como objetivo fue evaluar el efecto de los EM sobre la calidad de agua residual doméstica. Tuvo como metodología un diseño experimental que aplicó (1ml por cada litro de agua residual) empleando 10 litros de agua evaluadas en 3 diferentes tiempos, cada 15 días por 1 mes y medio; la población estuvo constituida por las aguas residuales de las lagunas de oxidación, y la muestra fue compuesta; La eficiencia de remoción de los parámetros antes y después fueron los siguientes: DBO promedio (sin EM) 120 mg/L y redujo (con EM) 41 mg/L logrando una eficiencia de remoción de 65.83%, DQO 162 mg/L - 51,66 mg/L logrando remoción de 68,10%, CTT 5.00E+06 NMP/100MI - 210 NMP/ML logrando remoción de 99,99%, nitratos 81,87%, dureza total 15,30%, cloruros 28,53% y coliformes totales 99,96%, asimismo concluyeron que los efectos de variación en los parámetros se mostraron en las semanas 4 y 6 al aplicar EM logrando la disminución de olores y cambios en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, por lo que indican que el método no es mejor a otros debido a que el tratamiento con EM se limita con la presencia de metales y en el análisis de la dureza total.

Valdez (2016) realizó la tesis *Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito*, tuvo como objetivo caracterizar las aguas residuales en sus componentes fisicoquímicas y microbiológicas al aplicar microorganismos eficientes. La metodología de investigación tuvo un diseño experimental que aplicó 3 tratamientos con 3 repeticiones y 1 muestra testigo; con dosificaciones de 0%,1%,1.5% y 2% de EMa activado, que se aplicó cada 15 días durante 3 meses; la población estuvo constituida por el agua residual y la muestra por 20 litros de agua residual. Los resultados obtenidos fueron: Disminución de pH de 6.3 a 4.28 al aplicar un 2% de EMa; la concentración de SST aumentó según tiempo de 3 meses y dosis respectivas de 357.48 mg/L (1% EMa), 535.35 mg/L (1.5% EMa) y 727 mg/L a (2% EMa); aumentó el oxígeno disuelto respectivamente de 3.81 mg/L (1% EMa), 3.96 mg/L (1.5% EMa) y a 4.12 mg/L (2% EMa), de igual forma obtuvieron disminución en DBO

respectivamente de 147.07 mg/L (1% EMa), 131.07 mg/L (1.5%) y 117.33 mg/L (2%); en cuanto DQO disminuyó respectivamente a 367.67 mg/L (1% EMa), 327.27 mg/L (1.5%) y 293.33 mg/L (2%); y por último disminución de aceites y grasas considerablemente. Al aplicar las diferentes dosis de EM a las aguas residuales de Chucuito no lograron obtener resultados eficientes, ya que superaron los LMP, llegando a concluir que sería más eficaz si los EM son aplicados en el tratamiento terciario directamente en la nave de macrófitos.

2.1.3. Antecedentes Locales

Gonzales & Quispe (2020) realizaron la investigación *Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Huancavelica en el 2020*, tuvieron como objetivo evaluar la influencia de microorganismos eficaces en las aguas residuales. La investigación fue de tipo aplicada-experimental, con método hipotético deductivo, con diseño experimental que aplicó 3 tratamientos con dosis de 1 ml, 2 ml y 3 ml de EM se realizó por 3 meses con registros de 0, 32, 62 y 90 días; utilizó la técnica de observación experimental y como instrumento colorímetro y multiparámetro; la población estuvo conformada por el caudal del agua residual y la muestra de 3 litros de agua residual. Los resultados demostraron la eficiencia de los microorganismos eficientes; en el tratamiento 2 y 3 (de 2 y 3 ml respectivamente para un tiempo de un mes) tuvieron la mayor remoción en DQO con promedios de 143.09 y 44.75 mg/L lo cual equivale al 44.75% y 39.95%; asimismo garantizan el cumplimiento de los LMP de 200 mg/L del D.S. 003-2010 MINAM, además en los 3 tratamientos lograron la mayor remoción al primer mes. La conclusión fue: La eficiencia de tratamiento de las aguas residuales fue inferior a 70% por los microorganismos eficientes.

El estudio de Ancalle & Ledesma (2020) fue *Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli –Huancavelica*, tuvieron como objetivo determinar la concentración de los parámetros de grasas, aceites, DBO5, DQO, coliformes termotolerantes y sólidos en suspensión en el afluente y efluente de las aguas residuales de Yauli. La investigación es de tipo básica, nivel de investigación descriptivo, método descriptivo e hipotético deductivo, diseño no experimental trasversal descriptivo; usó la técnica de observación, como instrumento la ficha y equipo multiparámetro; la población

constituida por el caudal total del afluente y efluente de la planta, la muestra no probabilística con 2 puntos de monitoreo. Los resultados fueron: DBO5 promedio de 732.9 mg/ lo cual es superior al LMP de 100 mg/L, es por ello no cumple con los LMP de acuerdo a D.S. N°003-2010 –MINAM, puesto que el % de remoción fue 3.98%; para los STS se obtuvo 120 mg/L lo cual equivale al 73.15% de remoción, por lo cual se deduce que este parámetro si cumple la norma (LMP de 150 mg/L); con respecto al DQO se logró un resultado de 146 mg/L lo cual equivale al 8.2% de remoción, por lo cual se deduce que este parámetro también cumple la norma (LMP de 200 mg/L), Concluyeron que en la planta los 6 parámetros analizados si cumplen con los límites máximos permisibles del D.S. 003-2010- MINAM a excepción del DBO5 que sobrepasa los LMP.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teoría de los Microorganismos eficientes

La teoría de la tecnología de los microorganismos eficientes (EM), fue propuesta por Teruo Higa, Ph. D, profesor de horticultura de la universidad de Ryukyus en kinawa, Japón a partir de 1982 (Arias, 2010). Higa mientras buscaba una alternativa eficiente que reemplazara los fertilizantes y pesticidas químicos para la prevención y control de enfermedades en cítricos y garantizar la producción de alimentos; aisló y estudió las propiedades de diversos tipos de microorganismos benéficos naturales y desarrollo medios de cultivo apropiados y accesibles, posteriormente realizó un cultivo bacteriano logrando la coexistencia de un consorcio de microorganismos como los fotosintéticos o fototrópicos (*Rhodospseudomonas spp*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*) y levaduras (*Saccharomyces spp*) obteniendo así un efecto potenciador como fertilizante natural con alta capacidad antioxidante para una amplia gama de aplicaciones (Canales & Sevilla, 2016), ya que dichos microorganismos trabajaban en sinergia, la cual potenciaba las cualidades y beneficios de cada uno de ellos (Wikipedia, 2021). Higa posteriormente incursiono el uso de estos microorganismos eficientes como herramienta biológica en el tratamiento de aguas residuales, ya que permite transformar desechos para ser usados como nutrientes, removiendo así altas concentraciones de materia orgánica (Arias, 2010).

2.2.2. Teoría de la Materia Orgánica

a. La Teoría enzimática del tratamiento de aguas residuales.

La teoría enzimática para la remoción de materia orgánica fue sustentada y revivida por Weston y Eckenfelder en 1955, mediante un trabajo científico, donde la formación de un complejo enzimático (matriz envuelta por una capa de material enzimático activo) fue postulada como el responsable de la rápida remoción y degradación de la materia orgánica del agua residual y la vez indicaron que la remoción de la materia orgánica consistía en una serie de reacciones catalizadas por enzimas. Más tarde se sostuvo el mecanismo de permeabilidad que indica que dentro de los microorganismos se transportaba la materia orgánica (Ramírez E. , 2004).

b. La Teoría del metabolismo microbiano de la materia orgánica

En 1967 McCarty, estableció que, en pequeños periodos de tiempo se obtenía una buena remoción de la materia orgánica debido a un alto y rápido metabolismo microbiano (Ramírez E. , 2004).

c. La Teoría de los mecanismos de remoción de la materia orgánica

En 1942 McKee y Fair, establecieron que los mecanismos de remoción consistían de dos etapas distintas e interrelacionadas (Ramírez E. , 2004).

- Un proceso físico de adsorción y floculación.
- Un proceso biológico, que consiste en que los microorganismos obtienen la energía y los nutrientes mediante el consumo de la materia orgánica para propósitos de síntesis celular (Ramírez E. , 2004).

2.2.3. Teoría del Agua Residual

Las aguas residuales tienen orígenes muy remotos que datan desde la aparición del hombre, no se sustenta en ninguna teoría ya que es un hecho que se percibe en la realidad, cuyo origen es irrefutable y no se puede discrepar en ningún sentido, lo que sí se puede disentir son los principios y métodos de tratamiento de estas aguas residuales. Los primeros en utilizar métodos para el tratamiento del agua datan de hace más de 1,500 años hasta el 400 A.C, donde se realizaba la purificación del agua, hirviéndola sobre el fuego, calentándola con la luz solar o sumergiendo una pieza de hierro caliente dentro de la misma (Al-Khalil & Sutherland, 1997).

a. La Teoría del miasma

La teoría de la miasma surgió en el siglo XIX, formulado por Thomas Sydenham y Giovanni María Lancisi, esta teoría se resume con la siguiente frase "todo hedor es enfermedad". En su versión más simple y auténtica, los miasmas eran un conjunto de emanaciones fétidas y vapores o gases cloacales liberados por la materia orgánica en descomposición, las cuales se creían como gases venenosos, es por ello que se sostuvo que cualquier mal olor era sinónimo de enfermedad a no ser que se instalaran filtros cloacales y sustancias germicidas en los baños. Asimismo, a partir de la teoría miasmática nació la ingeniería sanitaria que buscaba el tratamiento de las aguas residuales para lograr la salubridad de las personas (Volcy, 2007).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Tecnología de los Microorganismos eficientes

2.3.1.1. Biotecnología

Es la ciencia biológica aplicada que emplea procesos naturales para la eliminación de la contaminación ambiental, asimismo es el conjunto de técnicas que implican la manipulación de organismos vivos o sus componentes subcelulares, para producir sustancias, desarrollar procesos o proporcionar servicios como es el tratamiento de aguas negras, efluentes y basura y así como la biorremediación (limpieza de suelos y aguas contaminadas) (Heriberto, Del Valle, & Benito, 2012).

2.3.1.2. Microorganismos

Un microorganismo, también denominado microbio, proviene del griego científico *microbios*; de *micrós*, pequeño, y *bíos*, vida; que significa ser vivo diminuto, es un ser vivo (sistema biológico) que solo puede visualizarse con la ayuda del microscopio, ya que poseen tamaños inferiores a los límites de visión de los humanos (0.1mm) (Sancho, 2016). Los microorganismos son pieza clave para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida sobre el planeta, pues participan en procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos de los cuales dependemos para sobrevivir, las cuales son importantes para resolver problemas ecológicos y de contaminación ambiental, es decir la vida depende de la actividad biológica de microorganismos (Montaño, Sandoval, Camargo, & Sánchez, 2010).

2.3.1.2.1. Clasificación de los microorganismos

Los microorganismos son seres unicelulares heterogéneos, que no están relacionados evolutivamente entre sí, es por ello que han sido clasificados en 2 grandes grupos: Procariotas y Eucariotas (Sancho, 2016):

a. Microorganismos Procariotas o procarióticos

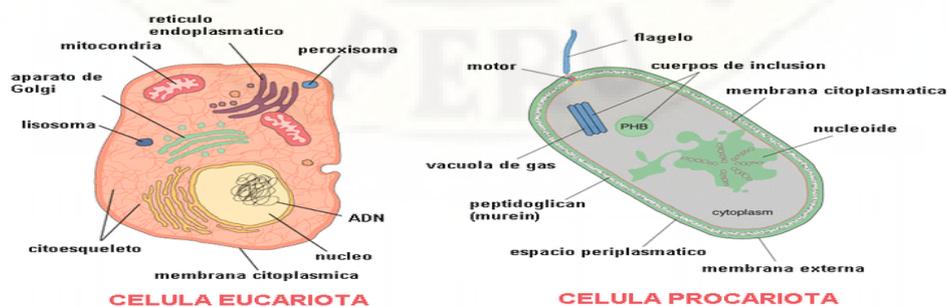
Son organismos formados por células que carecen de un núcleo celular, orgánulos o de cualquier membrana. Esto significa que el ADN del material genético en procariotas no está vinculado dentro de un núcleo, por lo que se encuentra flotando al interior de la célula (Hooke, 1999), ADN es un solo bucle, mientras que, en los eucariotas el ADN se organiza en cromosomas. Los científicos han dividido los procariotas en dos grupos las bacterias y la arquea, las bacterias tienen un papel funcional ecológico específico, puesto que algunas realizan la degradación de la materia orgánica (Montaño, Sandoval, Camargo, & Sánchez, 2010).

b. Microorganismos Eucariotas o eucarióticos

Son organismos formados por células que poseen un núcleo celular (almacén del ADN), así como orgánulos unidos a la membrana, estas tienen su material hereditario (su información genética) encerrado dentro de una doble membrana, la envoltura nuclear, que delimita un núcleo celular; además son más grandes y más elaboradas que las procariotas. Algunos viven independientes como organismos unicelulares, tales como las amebas y las levaduras; otros viven en asambleas multicelulares (Hooke, 1999).

Figura 1

Células procariotas y eucariotas



Fuente: Montaño, Sandoval, Camargo, & Sánchez (2010)

2.3.1.3. Tecnología de los Microorganismos Eficientes

Los microorganismos en sí, son considerados como agentes principales de limpieza a nivel ambiental. Los microorganismos eficientes conocidos como EM por sus siglas en inglés (efficient microorganisms), están constituidos por un cultivo mixto de tres grupos de microorganismos benéficos de origen natural, destacando principalmente los *Lactobacillus* (bacterias ácido lácticas), *Saccharomices* (levaduras) y *Rhodopseudomonas* (bacterias fotosintéticas o fototróficas), estos se encuentran presentes en los ecosistemas naturales (suelos) y en los alimentos y se desarrollan en medios líquidos con pH de 3.5 (Canales & Sevilla, 2016).

2.3.1.3.1. La coexistencia o co-prosperidad

Estas tres categorías de microorganismos se encuentran libres en la naturaleza y en todo el planeta tierra, una de las claves principales del desarrollo de los Microorganismos Eficaces como tecnología, está en la coexistencia (sinergia o simbiosis) de los mismos en un medio de cultivo apropiado, la cual se basa en que las sustancias que se generan sirven de alimentos para otros, ya que las levaduras y bacterias ácido lácticas generan principalmente ácidos orgánicos que alimentan a las bacterias fototróficas, estas últimas generan aminoácidos y azúcares que alimentan a las primeras, beneficiando su supervivencia y reproducción grupal (Authorized Manufacturer, 2016). Esta coexistencia origina un efecto sinérgico entre todos, que explica su fuerte potente capacidad de remoción de la materia orgánica.

2.3.1.4. Composición de los Microorganismos Eficientes (EM) para el tratamiento de aguas residuales

Según su creador Higa (1998), la solución de microorganismos eficientes contiene los siguientes grupos de microorganismos benéficos:

a. Bacterias ácido lácticos (*Lactobacillus spp.* y *Lactobacillus plantarum*)

Estos microorganismos están contenidos en los EM, de las cuales las variedades más comunes son los *Lactobacillus Plantarum* y la *Lactobacillus Cassei* (Guaman, 2015). Los lactobacilos o bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos, que fueron generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. El ácido láctico es un componente con propiedades bactericidas, ya que es un compuesto esterilizante fuerte que suprime poblaciones de microorganismos patógenos (nematodos) y por ende

elimina enfermedades, asimismo promueve la degradación de la lignina y la celulosa, acelerando la descomposición de la materia orgánica, además se alimenta vorazmente de materia orgánica en suspensión o disuelta en el agua, reduciendo la demanda biológica de oxígeno (Research Organization of efficient microorganisms, 2014).

b. Bacterias fototrópicas o fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp.*)

Estos microorganismos fotosintéticos son parte de los EM y se consideran como el núcleo de la actividad del EM, estas se encuentran en dos variedades muy comunes denominadas *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter Spaeroides* (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009). Estas bacterias tienen la propiedad de degradan compuestos orgánicos e inorgánicos como: H₂S, NH₃, SO₄ e hidrocarburos, reducen la DBO y DQO, neutralizan los malos olores, fijan el nitrógeno atmosférico y el dióxido de carbono en moléculas orgánicas (aminoácidos, ácidos orgánicos y carbohidratos) las cuales no producen olores, ya que transforman CO₂ en material celular (azúcar) y el nitrógeno (N₂) en amonio y producen H₂ gaseoso (Research Organization of efficient microorganisms, 2014).

También producen sustancias bio-activas como vitaminas y azúcares a partir de la materia orgánica del agua residual, las cuales son empleados por otros microorganismos heterótrofos (las levaduras y las bacterias ácido lácticas), como sustratos para el incremento poblacional y crecimiento de microorganismos benéficos (Guaman, 2015).

c. Levaduras (*Saccharomycetes spp.*)

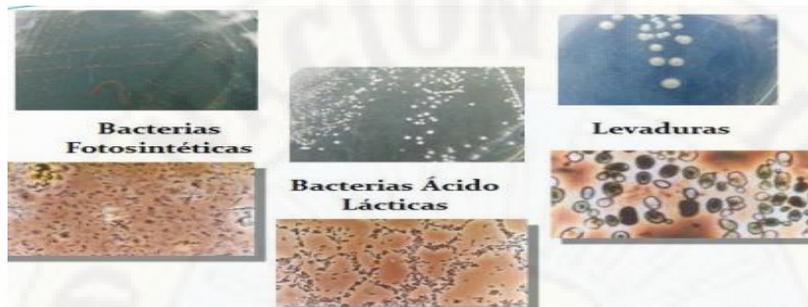
Como parte de su metabolismo fermentativo, las levaduras son organismos eucarióticos unicelulares y por lo tanto sus estructuras se encuentran formadas por pared celular, núcleo diferenciado y organelos como ribosomas y mitocondrias, estas son sistemas microscópicos unicelulares, que sintetizan (producen) sustancias antimicrobianas (etanol) a partir de azúcares y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas y materia orgánica, ya que al degradar los carbohidratos presentes en el Agua Residual Doméstica (ARD), se producirá etanol, el cual funciona como sustancia antagonista (opuesta) frente a microorganismos patógenos.

También producen sustancias bioactivas como hormonas naturales y enzimas que son sustancias empleadas por las bacterias ácido lácticas presentes en el EM que inducen activamente a la división celular y radical, estas secreciones pueden ser de

gran utilidad para el EM como las bacterias ácido lácticas y actinomicete (Research Organization of efficient microorganisms, 2014).

Figura 2

Los tres grupos de microorganismos componentes del EM



Fuente: Research Organization of efficient microorganisms, 2014.

2.3.1.5. Digestión aerobia

El método de digestión aerobia es un tratamiento biológico natural que se efectúa en presencia del oxígeno (oxidación) para descomponer y estabilizar la materia putrescible que queda después de los tratamientos primarios, es decir los microorganismos eficientes en presencia de oxígeno, usan como fuente de alimento la materia orgánica (oxidan una parte de la materia orgánica disuelta en productos finales estables como el $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), transformando la MO en material celular (nuevas células microbiana fáciles de eliminarse de las aguas residuales por sedimentación) y para la obtención de energía para su mantenimiento (Openbiblio, 2013).

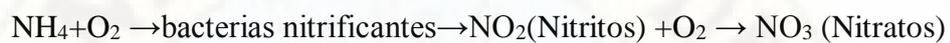
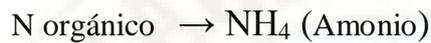
Materia orgánica disuelta+ EM+ $\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Energía} + \text{material celular}$ (célula microbiana)

Posteriormente se ha dado otros usos como: la oxidación del nitrógeno amoniacal(nitrificación) y la eliminación de fósforo. La depuración biológica aerobia controla el aporte del oxígeno y el crecimiento de la población de microorganismos para acelerar el proceso de degradación. La eficacia del proceso se mide generalmente a partir del porcentaje de remoción de DQO y DBO (Openbiblio, 2013).

La degradación biológica del efluente da lugar a la transformación del nitrógeno (N_2) en amonio (NH_4), dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). El amonio es tóxico, incluso a bajas concentraciones, para peces y otros seres vivos.

Luego se realiza el proceso de nitrificación, que es un proceso biológico donde las bacterias autótrofas o fototróficas (como fuente de carbono para su crecimiento

usan la fuente inorgánica (CO₂) en presencia de oxígeno, convierten(oxidan) el amonio a nitrato y a carbón orgánico, este procedimiento se divide en dos etapas, la primera está definida por la oxidación del NH₄(amonio)+ a nitrito (NO₂-) y la segunda etapa definida por la oxidación de (nitritos) NO₂- a (nitratos) NO₃- (Claros, 2012), de acuerdo con la siguiente ecuación:



Además, existe la posibilidad de que se realice un proceso de desnitrificación, el cual es un proceso biológico que tiene lugar en ausencia de oxígeno y presencia de carbono orgánico, donde las bacterias heterótrofas o ácido lácticas (como fuente de carbono para su crecimiento utilizan compuestos orgánicos) transforman(oxidan) el nitrato en nitrógeno molecular gaseoso (N₂) que se incorpora a la atmósfera, ya que es un gas inerte, componente mayoritario de la atmosfera (Claros, 2012).

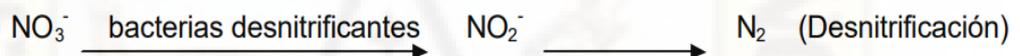
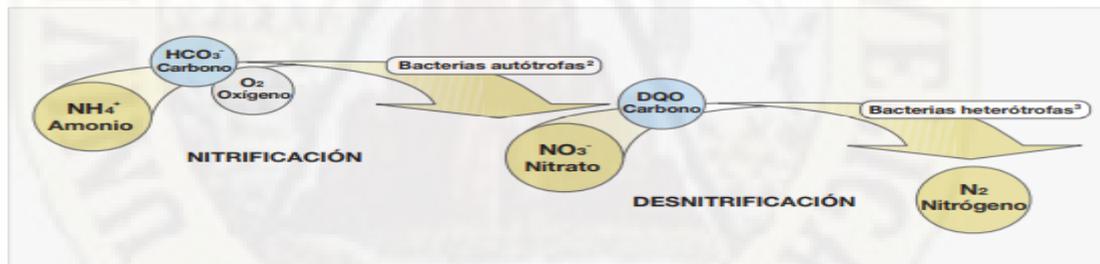


Figura 3

Reacción de oxidación(nitrificación) y de reducción(desnitrificación)



Fuente: Openbiblio, 2013.

2.3.1.6. Tipos de procesos biológicos aerobios

Los procesos biológicos aeróbicos en aguas residuales consisten básicamente en poner en contacto una gran masa activa de microorganismo eficientes con el agua residual, de tal manera que estos utilicen alimento y suministros de oxígeno para que puedan cumplir sus funciones vitales (Openbiblio, 2013).

a. Proceso en medio suspendido: Donde los microorganismos permanecen en suspensión, dentro de estos se localizan: Lodos activados, zanjas de oxidación, lagunas (aireadas, estabilización) (Openbiblio, 2013).

b. Proceso en medio fijo: Los microorganismos permanecen fijos, dentro de estos se localizan: Reactor biológico convencional (RBC), filtros percoladores y filtros aireados (Openbiblio, 2013).

2.3.1.7. Beneficios de los Microorganismos Eficientes

Según Higa & Chinen (1998), el uso de Microorganismos Eficientes ofrece números beneficios como:

a. Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales con EM es un proceso de limpieza natural muy eficiente capaz de mantener la calidad del agua tratada a un alto nivel, ya que se caracteriza por la existencia de antioxidantes secretados por los microorganismos, los cuales mejoran la separación sólido-líquido (separación mediante sedimentación), y es la base para la limpieza del agua, seguidamente se reincorpora las aguas residuales en aguas de riego, además acelera el proceso y mejora la calidad fisicoquímica y microbiológica del efluente (Higa & Chinen, 1998)

b. Remoción de materia orgánica

El EM induce a que la materia orgánica se descomponga rápidamente por la vía de la fermentación, produciendo ácidos orgánicos, lo cual ayuda a reducir la actividad de Protozoarios (Research Organization of efficient microorganisms, 2014). Al momento de transformar la materia orgánica, el EM libera y sintetiza sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, que hacen que el agua sea apta para su vertido (Higa & Chinen, 1998).

c. Incremento de la micro flora bacteriana

Golec, Gonzales, & Lokare (2006) afirman que los microorganismos eficientes (EM) incrementan la micro flora bacteriana en el ambiente donde se inoculen, para garantizar un adecuado tratamiento de las aguas residuales.

d. Eliminación de patógenos

La competencia por los nutrientes y la liberación de sustancias enzimáticas que secuestran vitaminas necesarias para el crecimiento de los patógenos impide su crecimiento en un medio colonizado por EM y reduce la población de patógenos, logrando un mejoramiento del agua residual en un 99,96% (Higa & Chinen, 1998).

e. Reducción de olores ofensivos

La materia orgánica produce olor cuando se pudre con microorganismos de tipo putrefacto. Cuando se aplica una solución de EM en las aguas residuales, estos comienzan a dominar el proceso de putrefacción hasta que lo detienen y seguidamente realizan un proceso de fermentación. Por tanto, suprime el olor (Higa & Chinen, 1998).

f. Mejora la calidad de agua del efluente final

La aplicación de EM mejora la calidad de agua del efluente final en sus parámetros físico, químico y microbiológico (Higa & Chinen, 1998). Los microorganismos eficientes remueven los siguientes contaminantes: DBO (65,83%), DQO (68,11%), Turbidez (100%) y Sólidos totales (93,98%).

• Reutilización de lodo

Habitualmente el lodo que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales, no tiene uso agrícola, pero el lodo tratado con EM tiene mayor concentración de nutrientes y microorganismos por lo que se puede utilizar como abono o sustrato para uso agrícola (Higa & Chinen, 1998).

g. Disminución de costos (reducción del uso de químicos)

A través de una mejor oxidación biológica, se reduce sustancialmente sus costos de mantenimiento de la planta. Además, la aplicación de EM reduce coliformes con lo cual se puede eliminar el proceso de cloración (Higa & Chinen, 1998).

h. Forma de operación más sostenible con el ecosistema

Con la aplicación de microorganismos naturales se garantiza la sostenibilidad del ambiente (Higa & Chinen, 1998).

2.3.1.8. ¿La EM afecta negativamente al medio ambiente?

Los microorganismos eficientes EM se obtienen primordialmente de la industria alimentaria, las cuales son escrupulosamente elegidos y pasan por un proceso muy estricto, para evitar dañar las plantas, los animales, los seres humanos y especialmente el medio ambiente. Aunque se ha utilizado en una amplia gama de actividades en todo el mundo, no se ha registrado ningún efecto dañino sobre el ambiente y por lo tanto es un multiactivo seguro (Higa & Chinen, 1998).

2.3.1.9. Modo de elaboración de los microorganismos eficientes

Los microorganismos se encuentran adheridos al suelo. Para poder capturarlos primeramente se elige un carbohidrato como sustrato y energía, seguidamente se añade la melaza y agua virgen (sin ser tratada con cloro). Pero la forma más eficiente de

capturar los microorganismos es dejando envases que contengan arroz cocinado(sustrato) sin sal en el bosque por el lapso de 8 a 10 días, seguidamente el arroz se mezcla con agua virgen y melaza en un balde por 15 días (Guaman, 2015).

2.3.1.10. Activación de los Microorganismos Eficientes

El proceso de activación del EM tiene por finalidad lograr la multiplicación de microorganismos, con el objetivo de reducir costos de aplicación (Guaman, 2015). Los microorganismos del EM se encuentran inactivos. Es por ello que antes de usarlos es necesario “activarlos”, combinando una proporción de 90% agua sin cloro, 5% EM y 5% melaza, para luego llevarlo a incubación hermética por lo menos por 5 días a 25 °C, hasta que la solución alcance un pH de 3,5 (Miyashiro & Meggs, 2007).

2.3.1.11. Temperatura y pH

La temperatura y el pH juegan un papel vital en el medio ambiente en que se encuentra los microorganismos. Se ha percibido que la actividad microbiana se duplica por cada 10°C de incremento en la temperatura, es por ello que la temperatura recomendada es de 25 a 40°C, ya que fuera de estos rangos la velocidad de reproducción de estos microorganismos se reduce considerablemente, asimismo los EM se vuelven inactivos por debajo de 6° C, por lo cual se recomienda empezar con las aplicaciones en épocas de mayor temperatura (Metcalf L. , 2015).

El pH de la solución también es determinante en el desarrollo y crecimiento de los microorganismos, siendo el rango óptimo de pH de 7 para que las bacterias cumplan apropiadamente sus funciones y para que aceleren el proceso de formación del ácido láctico, que es responsable de la remoción de la materia orgánica (Metcalf L. , 2015).

2.3.1.12. Dosis de aplicación de los Microorganismos Eficientes

La dosis es la cantidad de una sustancia en unidades de volumen, en este caso es la cantidad de microorganismos para tratar las aguas residuales. Según la Guía de la Tecnología de EM (2014), la metodología recomendable es la siguientes:

En caso que se use tratamiento en lagunas facultativas, se debe aplicar la dosis recomendada 1:1000 (1 litro de EM para 1000 litros de aguas residuales a tratar). Según Canales & Amiro (2016) existen 3 tipos de concentraciones o dosis más utilizables de EM: la baja (1:10000) que es para aguas menos contaminadas, la media (1:5000) es para aguas con contaminación normal y el alta (1:1000) que es para que

exceden el rango de contaminación (Research Organization of efficient microorganisms, 2014).

2.3.1.13. Tiempo de retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica es el tiempo en la cual los microorganismos eficientes entra en contacto con el oxígeno y la materia orgánica. La concentración de EM y el tiempo de retención hidráulico determinan la efectividad de la remoción de materia orgánica de las aguas residuales (Fernández & Seghezzo, 2015). Los tiempos de retención usuales varían dependiendo del tipo el tipo de sistema y el clima; pudiendo ser de apenas 10 días, o superar los dos meses (Chernicharo CA, 2013). Según Bazán & Nureña (2019) el tiempo de retención hidráulica más adecuado es de 0, 11, 22 y 33 días en aguas residuales.

2.3.2. Materia Orgánica

2.3.2.1. Concepto de materia orgánica

Romalho (2003), indica que la materia orgánica representa la parte más importante de la contaminación y es un compuesto orgánico que puede ser de origen vegetal o animal, lo cual está compuesta químicamente de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, junto con el Nitrógeno en algunos casos y raras veces por el Fósforo, Azufre, Hierro, etc. En las AR está constituida por proteínas, hidratos de carbono y lípidos, así como sus derivados, además está conformada por compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales domésticas, como los excrementos humanos, nutrientes y algunos contaminantes emergentes; las cuales pueden causar color, olor, el desarrollo de microorganismos patógenos o implicar la presencia de materia no biodegradable (Droste, 2018).

2.3.2.2. Parámetros relacionados con la materia orgánica

La materia orgánica del agua residual es la medida indirecta de la cantidad de carbono, es decir la capacidad reductora del carbono orgánico biodegradable, mediante la medición de la concentración del DBO5 (bacterias) y DQO (vía química) (Hanna instruments, 2014), por lo cual constituye un indicador para la materia orgánica presente (Metcalf & Eddy, 1995). Así, con estas técnicas podemos determinar la cantidad de materia orgánica putrescibles que están en el agua contaminada (Hanna instruments, 2014).

2.3.2.2.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es una manera de medir la MO indirectamente. La demanda bioquímica de oxígeno es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, es por ello que es la cantidad de oxígeno disuelto (mg/L) que requieren(necesitan) los microorganismos presentes en el agua residual para oxidar, degradar, metabolizar o estabilizar biológicamente la materia orgánica biodegradable(carbono orgánico), mediante procesos biológicos aerobios(principalmente por bacterias y protozoos), bajo condiciones de tiempo y temperatura (5 días, 20°C), la cual esta expresada en mg/L, su determinación está basada en la oxidación natural de degradación, esta demanda de OD ejercen tres clases de materiales: carbonados, nitrogenados y ciertos compuestos químicos reductores (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3.2.2.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es otra manera de medir la MO indirectamente. La demanda química de oxígeno es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, ya que mide la cantidad de oxígeno disuelto (mg/L) requerido(necesario) para la oxidación química(descomposición química) de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes fuertes, las sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio en un ambiente ácido y a altas temperatura, esta se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1995). El agente oxidante más utilizado es el dicromato de Potasio, en presencia del sulfato de Plata como catalizador a alta temperatura.

2.3.2.2.3. Oxígeno disuelto

Es uno de los principales parámetros en el tratamiento de aguas residuales, pues muchos de los organismos dependen de él para mantener los procesos metabólicos, para obtener energía y efectuar su reproducción. Además, el OD es el principal indicador del estado de contaminación de una masa de agua, pues la MO contenida en ella tiene como efecto directo el consumo del OD (Romalho, 2003).

2.3.2.3. Determinación de la capacidad de remoción

El grado de eficiencia de tratamiento de las aguas residuales se mide mediante la relación entre la carga que fluye a la entrada del sistema y la carga en el flujo de salida. De este modo, la eficiencia se calcula como sigue (Chernicharo CA, 2013):

$$\%Eficiencia = \frac{(concentración\ inicial - concentración\ final)}{concentración\ inicial} * 100$$

2.3.3. Aguas residuales

2.3.3.1. Concepto de aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificados por actividades humanas, las cuales necesitan de un tratamiento previo, antes de ser reusadas o vertidas aun cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (Espigares & Pérez, 1985), es decir son los desechos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial, que llevan disueltas o en suspensión una serie de materias orgánicas e inorgánicas; provenientes de la descarga de sumideros, inodoros, cocina, lavanderías (detergentes), residuos de origen industrial como aceites, grasas, curtiembres, etc.

2.3.3.2. Características y parámetros de aguas residuales

Las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas que son de mucha importancia en el tratamiento de las aguas residuales. Estas características varían según el origen de las aguas residuales (Sperling M. , 2017).

2.3.3.2.1. Características físicas

Las características físicas del agua, son denominadas así porque se pueden percibir con los sentidos (vista, olfato, etcétera), las cuales tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua (Barrenechea, 1998).

- **Sólidos Totales:**

Se refiere a la cantidad de sólidos totales como la materia sólida, que se consigue como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre los 103 °C y 105 °C (Castro, 1995).

- **Temperatura:**

La temperatura del agua residual suele ser mayor que la temperatura del agua potable, esto debido al vertimiento de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial (Tchobanoglous, 2000). La temperatura del agua es un parámetro muy importante, porque afecta directamente el desarrollo de la vida acuática, actividad bacteriana, la velocidad de las reacciones químicas (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3.3.2.2. Características químicas

- **Materia Orgánica**

En el agua residual los principales y más importantes grupos de compuestos orgánicos son las proteínas (40 - 60%), hidratos de carbono (25 - 50%) y grasas y aceites (10%); así como también la urea, que es el principal constituyente de la orina; (Metcalf & Eddy, 1995). En el agua residual, alrededor del 75% de los sólidos en suspensión (SS) y del 40% de los sólidos filtrables (SF) son de naturaleza orgánica. Estos sólidos provienen del reino animal y vegetal, y también de las actividades humanas que estén relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos (formados por la mezcla de carbono, hidrogeno y oxígeno) (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Materia inorgánica**

En el agua residual existe una gran variedad de componentes inorgánicos y naturales. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas se incrementan debido al contacto del agua con formaciones geológicas (rocas o minerales), ya que las aguas naturales disuelven parte de estas, o con otras aguas residuales tratadas o sin tratar que a ella se descargan (Metcalf & Eddy, 1995).

- **pH**

El pH es un parámetro que brinda información pertinente de las cualidades acidas o alcalinas que son provocadas por procesos bióticos, abióticos y bioquímicos (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es un parámetro muy importante para la respiración de los microorganismos aerobios. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua (Sperling M. , 2017).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):**

Es la concentración de oxígeno necesaria para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica. Esta prueba provee un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual (Rojas, 2002).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO5):**

Es la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable durante cinco días y a una temperatura de 20°C, es decir es la concentración de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La relación DQO/DBO5 proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales (Romalho, 2003).

2.3.3.3. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR).

Según el Ministerio del Ambiente (2010), las plantas de tratamiento de aguas residuales Domésticas o Municipales (PTAR), son infraestructuras y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

2.3.3.4. Tratamiento de aguas residuales urbanas

El tratamiento de las aguas residuales urbanas admite la aplicación de unos procesos físicos, biológicos y químicos, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan la norma peruana (García, y otros, 2006).

2.3.3.5. Fases o tipos del tratamiento de aguas residuales

2.3.3.5.1. Tratamiento preliminar o pretratamiento

Esta etapa tiene por propósito remover la materia orgánica e inorgánica de gran tamaño y objetos grandes como trapos, palos, plástico, entre otros (Díaz & Caballero, 2015). Según el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2006), las unidades de tratamiento preliminar que se puede utilizar son las cribas y los desarenadores.

a. Cribas o debaste

Es un proceso preliminar al tratamiento de las aguas residuales, que retienen los sólidos gruesos (objetos de gran tamaño) existentes en las aguas residuales (Pérez & Urrea, 2011). Las cribas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aun en las más simples (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

b. Desarenador

Tiene por objetivo remover las partículas pesadas de granulometría mayor a 0,2 mm (200 micras), además de arenas propiamente dichas, gravas, partículas, minerales y otros elementos de origen orgánico. Con la finalidad de evitar la generación de sedimentos en las conducciones y canales, protegiendo de esta manera los equipos y otros aparatos contra la abrasión (Díaz & Caballero, 2015).

2.3.3.5.2. Tratamiento primario

Es el segundo tratamiento de las aguas residuales, la cual contempla el uso de operaciones físicas y consiste en la sedimentación de sólidos en suspensión que se encuentran presentes aún en las aguas residuales. En este tratamiento se realiza la

separación física de los sólidos presentes en el agua residual lo cual involucra una disminución en la carga de DBO, donde su eliminación es más costosa (Sperling M. , 2015). Entre los principales procesos y operaciones de tratamiento primario están:

a. Sedimentador

Pueden ser de forma circular o rectangular. El proceso inicia cuando las aguas residuales fluyen lentamente a través de los tanques de sedimentación, logrando que los sólidos suspendidos con una mayor densidad que el líquido circundante (agua residual) se asienten lentamente en el fondo (Sperling M. , 2015).

2.3.3.5.3. Tratamiento secundario

Es la etapa secundaria del tratamiento, el cual contempla el uso de procesos biológicos y químicos y consiste en remover el mayor porcentaje de la materia orgánica (85%) en las aguas residuales, empleando en ella las bacterias. (Environmental Protection Agency, 1988).

a. Filtro Biológico

El filtro es un lecho de piedras de tres a seis pies de profundidad a través del cual pasan las aguas residuales, en la actualidad se ha usado como sustrato piezas de plástico corrugado u otros medios sintéticos entrelazados. Las bacterias usan como sustrato estas piedras y se acumulan y se multiplican sobre estas, hasta que pueden consumir el mayor porcentaje de la materia orgánica (Environmental Protection Agency, 1988).

b. Lodo Activado

El proceso de lodos activados acelera el metabolismo de las bacterias al llevar el aire y los lodos cargados de estos microorganismos al contacto cercano con las aguas residuales. Después de que las aguas residuales salen del tanque de sedimentación en la etapa primaria, esta se bombea hacia un tanque de aireación, donde se mezcla con aire y lodo cargado con bacterias y se deja reposar durante varias horas. Durante este tiempo, las bacterias degradan la materia orgánica en subproductos inofensivos (Environmental Protection Agency, 1988).

2.3.3.5.4. Tratamiento Terciario

En este tratamiento se emplean combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias con el fin de remover los nutrientes, tales como el nitrógeno y el

fósforo, cuya reducción con tratamiento secundario no es eficiente (Environmental Protection Agency, 1988).

Tabla 1

Tipos de tratamiento de aguas residuales

Tipo de tratamiento	Características	Ejemplos
Preliminar	Su objetivo es eliminar cualquier sólido de gran tamaño, que pueda alterar el funcionamiento de alguna de las etapas siguientes del tratamiento como sólidos gruesos, arena, aceites y grasas (Romalho, 2003).	Rejas y cribas de barras, tamices, desmenuzadores, desarenadores, separadores de grasas y aceites, tanques de preaireación y aliviadores.
Primario	El objetivo es la eliminación de la materia orgánica suspendida (40 a 60%), por medio de procedimientos físicos, químicos y a veces biológicos (Romalho, 2003).	Fosas sépticas, tanques de doble acción, tanques de sedimentación, filtración, neutralización y flotación.
Secundario	Su objeto es la remoción de la materia orgánica disuelta, medida como DBO que no pudo ser removida en el tratamiento primario por procedimiento biológicos. En este tratamiento se estimula el crecimiento de microorganismos degradadores de materia orgánica (Romalho, 2003).	Lechos bacterianos, lodos activados, lagunas de estabilización, biodiscos, filtros bacterianos, filtros percoladores, reactor de lodos de flujo ascendente (UASB)
Terciario o avanzado	El objetivo es remover cualquier otro elemento no deseado, como los nutrientes (nitrógeno y fósforo) (Romalho, 2003).	Cloración, ozonización, carbón activado, intercambio iónico, ósmosis inversa, rizofiltración.

Fuente: Canales & Sevilla (2016)

2.3.3.6. Límites Máximos Permisibles (LMP)

El Ministerio del Ambiente (2010), publicó el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda, esta normativa se aprobó con la finalidad de controlar los excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente. Los límites máximos permisibles son los siguientes:

Tabla 2*Límites Máximos Permisibles Para los Efluentes de PTAR*

Parámetros	Unidad	LMP de Efluentes Cuerpos de Aguas
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Ministerio del Ambiente (2010)

2.4. Definición de términos

- **Afluente:** Es el agua residual u otro líquido que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2013)

- **Agua residual doméstica:** Es el agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene mayormente desechos fisiológicos y otros derivados de la actividad humana (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

- **Biodegradación:** Es la transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, debido a la acción de microorganismos (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** La DBO5 es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, es la cantidad de oxígeno disuelto (mg/L) requerida por los microorganismos para oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica, por la acción de microorganismos bajo condiciones de tiempo y temperatura (5 días, 20°C) (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La DQO es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, mide la cantidad de oxígeno (mg/L) requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio ambiente ácido y a altas temperatura (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Digestión aerobia:** Es un proceso elaborado por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que en presencia de oxígeno

descomponen la materia disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

- **pH:** Es la acidez o alcalinidad de una solución están determinadas por la concentración de H⁺ (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Planta de tratamiento:** Es una infraestructura de un conjunto de procesos que permiten la depuración de aguas residuales (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

- **Pretratamiento:** Es un conjunto de procesos que acondicionan(preparan) las aguas residuales para su tratamiento posterior (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

- **Tratamiento primario:** Consiste en la remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

- **Tratamiento secundario:** Es el nivel de tratamiento que permite lograr la remoción casi total de la materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

- **Tratamiento terciario:** Tratamiento adicional al secundario (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

2.5. Hipótesis

Para la presente investigación se usará la siguiente hipótesis de investigación.

2.5.1. Hipótesis General

Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

2.5.2. Hipótesis Especifica

Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO₅ en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de STS en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.

2.6. Variables

La investigación por ser del nivel explicativo consistió en experimentar la dosis y tiempo de retención hidráulico para evaluar la eficiencia de remoción de la materia orgánica de las aguas residuales de la PTAR Yauli.

2.6.1. El tipo de variable.

Según Casas (2017) las variables se dividen en univariable y bivariable, por tanto, las variables de este estudio de investigación es de tipo bivariable, debido a que solo se estudiara una variable independiente y una variable dependiente.

2.6.2. Variable Independiente

Microrganismos eficientes

Indicador:

- Tiempo de retención hidráulico (días)
- Dosis o concentración (ml)

2.6.3. Variable Independiente

Remoción de la materia orgánica

Indicador:

- Porcentaje de remoción de DBO₅ (%)
- Porcentaje de remoción de DQO (%)
- Porcentaje de remoción de STS (%)

2.6.4. Variable Interviniente

pH y temperatura

Indicador:

- Acido (<6.5 de pH), neutro (6.5-7.5 de pH) y base (>7.5-14 de pH)
- Relación entre el frio(mínima) y el calor(máxima)

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad medida	de	Instrumento	Técnica
Variable independiente	Los microorganismos eficientes están constituidos por un cultivo mixto que es producto de la combinación de tres grupos de microorganismos benéficos de origen natural, destacando principalmente las bacterias ácido lácticas, y bacterias fotosintéticas (Canales & Sevilla, 2016).	Los microorganismos eficientes descomponen y remueven las sustancias orgánicas (materia orgánica) en sustancias más sencillas y de fácil asimilación (Higa & Chinen, 2002). La dosis es la cantidad de microorganismos para tratar las aguas residuales y el tiempo de retención hidráulica es el tiempo en la cual los microorganismos eficientes entran en contacto con el oxígeno y la materia orgánica (Fernández & Seghezze, 2015)..	Dosis óptima	✓ 0 ✓ 10 ml ✓ 20 ml ✓ 30 ml	ml		Probeta y pipeta	Medición y fichaje
Microorganismos eficientes (EM)			Tiempo de Retención Hidráulica	✓ 0 ✓ 11 ✓ 22 ✓ 33	días		Cronómetro y probeta	
Variable dependiente	La materia orgánica es un compuesto orgánico que proviene de los restos de organismos que alguna	En el campo del tratamiento de las aguas residuales, la materia orgánica es la medida indirecta de los compuestos orgánicos a	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Porcentaje de remoción	%-mg/L		Digestor DBR200, Clorímetro portátil DR900	Medición y fichaje

Remoción de materia orgánica	vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. La materia orgánica está formada por materia inerte y energía (Romalho, 2003).	través de la medida del parámetro de DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda biológica de oxígeno) (Acuña, 2015). Para determinar la concentración de estos componentes, los instrumentos para la medición serán: digestor DBR 200, Colorímetro portátil DR 900, Erlenmeyer, Extractor Soxhlet y pH. metro digital.	(DBO ₅) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Porcentaje de remoción	%-mg/L	Digestor DBR200, Clorímetro portátil DR900	
			SST	% de remoción Partículas en suspensión	%-mg/L	Horno, filtro y balanza analítica Hach TSS	Medición y fichaje
Variable Interviniente	El pH es un parámetro químico que indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones (Metcalf & Eddy, 1995).	El pH es la medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El parámetro de pH se mide con el instrumento de pHmetro (Metcalf & Eddy, 1995).	pH	Acido Neutro Base	Escala de PH	Multiparámetro y/o pHmetro	Medición y fichaje
Parámetro fisicoquímico			Temperatura	Relación de grados de calor • Mínima • Máxima	°C	Multiparámetro y/o termómetro	Medición y fichaje

La temperatura del agua es un parámetro físico que indica el grado de un cuerpo y afecta directamente sobre el desarrollo de la vida acuática, actividad bacteriana, sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción (Metcalf & Eddy, 1995).

La temperatura mide el grado de calor o frialdad de cuerpos de agua (Metcalf & Eddy, 1995). La temperatura se mide con el instrumento llamado termómetro en ° C.

Nota: La unidad de medida se encuentra en porcentaje (%), con la finalidad de facilitar el cálculo del nivel de eficiencia.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito temporal y espacial**

El ámbito de estudio para la presente investigación “Evaluación de la remoción de materia orgánica por medio de microorganismos eficientes en la planta de tratamiento Yauli-2021”, se desarrolló en el ámbito espacial y en el ámbito temporal:

3.1.1. **Ámbito temporal**

El ámbito temporal del proyecto se realizó durante el periodo del 1 de febrero al 30 de septiembre del 2021, consignándose 8 meses; donde se realizó la presentación y aprobación del proyecto de tesis (del 1 de febrero hasta el 15 de abril), la ejecución del proyecto de tesis (del 16 de abril hasta el 15 de agosto) y la elaboración y aprobación del informe final de tesis (del 16 de agosto hasta el 30 de septiembre).

Gomez (2012) señala que la delimitación temporal exige determinar el tiempo en que se realizará la investigación, señalando los intervalos de tiempo, con relación a hechos, fenómenos y sujetos de la realidad, estas deben ser de uno, dos o más años y responden a la pregunta ¿cuándo se investigará?

3.1.2. **Ámbito espacial**

El ámbito espacial del proyecto fue la localidad de Yauli, ubicada en el distrito de Yauli, provincia y departamento de Huancavelica.

Gomez (2012) señala que la delimitación espacial exige determinar el lugar en que se produce el fenómeno que es objeto de investigación y responde a la pregunta ¿dónde se investigará?

3.1.2.1. ***Ubicación geopolítica.***

La localidad de Yauli se localiza políticamente en:

- País : Perú 
- Departamento : Huancavelica 
- Provincia : Huancavelica 
- Distrito : Yauli 
- Localidad : Yauli 

Figura 4

Mapas de ubicación política de la localidad de Yauli



Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2. **Ubicación Geográfica.** La localidad de Yauli es la capital del distrito del mismo nombre y se localiza geográficamente en:

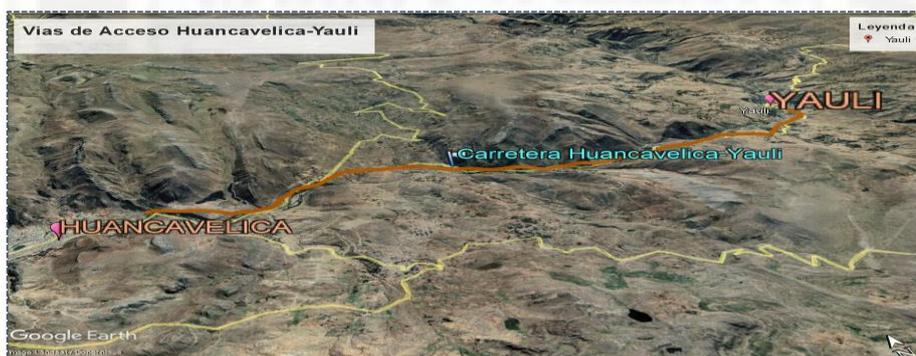
- Región : Sierra
- Región Natural : Suni
- Coordenadas : UTM
- Sistema de coordenadas : WGS84
- Zona : 18 sur
- Coordenada Este : 516147.15 m E
- Coordenada Norte : 8588326.10 m S
- Altitud : 3745 m.s.n.m.

3.1.2.3. Características. La localidad de Yauli tiene las siguientes características:

a. **Accesibilidad.** El acceso principal a la localidad de Yauli es por vía terrestre, desde Lima por la Carretera Central Lima – La Oroya– Huancayo – Huancavelica; la distancia de Lima a Huancavelica es de 457 Km. con recorrido de 12 hrs promedio en ómnibus (Municipalidad Distrital de Yauli, 2017). La localidad de Yauli se encuentra en un desvío de la carretera que conduce de Huancayo a Huancavelica y es por una vía afirmada a 17 Km de Huancavelica; cuentan con el servicio de transporte público que lo realiza en aproximadamente 45 minutos (Municipalidad Distrital de Yauli, 2017).

Figura 5

Vía de acceso Huancavelica-Yauli



Fuente: Elaboración propia

b. **Clima y altitud.** Yauli se encuentra a una altitud de 3402 m.s.n.m, el clima varía de acuerdo a las estaciones del año y a la altitud, por lo general es templado entre los 3,200 a 3,800 msnm y frío en las punas. La temperatura promedio anual es de 10.3 °C, con una máxima de 20 °C y una mínima de 2 °C (Municipalidad Distrital de Yauli, 2017).

c. **Precipitación.** Según el plan de desarrollo concertado al 2021, en la zona urbana de Yauli, las precipitaciones anuales fluctúan entre 594 a 829 mm³, siendo el promedio anual de 712 mm, donde las lluvias empiezan en el mes de octubre - noviembre y son intensas entre los meses de enero y febrero alcanzando su plenitud en el mes de marzo; la humedad relativa oscila entre 20 y 60 % (Municipalidad Distrital de Yauli, 2017).

d. **Topografía.** El relieve topográfico de Yauli es muy accidentado y discrepante, presenta quebradas y cerros que van desde 3,405 msnm hasta 3,520 msnm. Asimismo, está cercada longitudinalmente por el río Ichu y transversalmente por el río Mosoccancha y dividida por la Quebrada seca Seccehuaycco (Municipalidad Distrital de Yauli, 2017).

Figura 6

Topografía accidentada de Yauli



Fuente: Elaboración propia

e. **Recursos Hídricos.** El distrito de Yauli, dispone de afluentes hídricos muy importantes aprovechables para la agricultura y consumo humano. Entre ellos tenemos el río Ichu, el río Mashuaracca (Chipihuaycco). Otra fuente hídrica importante es la existencia de manantiales en todo el distrito lo cual abastece de agua a muchos sectores de la población (Municipalidad Distrital de Yauli, 2017).

3.2. Enfoque de investigación

La investigación correspondió a un enfoque cuantitativo, porque el estudio se realizó de manera secuencial y asimismo se efectuó la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de determinar la eficiencia de remoción de la materia orgánica (Municipalidad Distrital de Yauli, 2017).

Según señala Hernández, Fernández, & Bautista (2014) la investigación cuantitativa es secuencial y probatorio, que parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco teórico. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables

en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones.

3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, porque se basó en conocimientos y teorías de fundamentación científica, para la aplicación y observación, a corto plazo con resultados que logró servir como base para la implementación y posterior uso en la planta, la cual se justifica en productos tecnológicos. (Hernández, Fernández, & Bautista, 2014).

Los aportes de este tipo de investigación están dirigidos a iluminar la comprensión y/o resolución de problemas de algún fenómeno o aspecto de la realidad perteneciente al dominio de estudio de una disciplina científica; se caracteriza por que busca la aplicación de conocimientos.

3.4. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue el explicativo, porque se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas y como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis (Fidias, 2012).

Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández, Fernández, & Bautista, 2014).

3.5. Diseño de investigación

La investigación corresponde a los siguientes diseños de investigación.

3.5.1. Diseño experimental

Las investigaciones y en particular los diseños experimentales intentan establecer básicamente relaciones causa-efecto. Es decir, se desea estudiar como una variable independiente (causa) modifica a una variable dependiente (efecto) (Ramón, 2017). Pero dentro de este tipo de diseño se encuentra la tipología de Campell y Stanley, quienes dividen los diseños experimentales en tres clases: pre -experimentos, experimentos “puros” y cuasi experimentos. La experimentación puro incluye dos

grupos, donde uno se somete el tratamiento experimental y el otro no recibe el tratamiento (grupo de control) (Hernández, Fernández, & Bautista, 2014).

El proyecto de investigación fue de diseño experimental, porque las variables se sometieron a diferentes tiempos y concentraciones, de igual modo a diferentes agentes meteorológicos. Y dentro de la tipología del diseño, la investigación tuvo un diseño de experimentos puros con pre prueba – post prueba, donde se le aplicó una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, después se le administró al tratamiento los microorganismos eficientes y finalmente se le aplicó una prueba posterior al estímulo (Hernández, Fernández, & Bautista, 2014).

Este diseño se diagramará así:

<i>RG</i>	<i>X</i>	<i>O₁</i>
<i>RG</i>	— —	<i>O₂</i>

Donde:

G: Grupo de sujetos

X: Tratamiento o estímulo

O1: Una medición de los sujetos, se trata de una pre prueba.

O2: Una medición de los sujetos, se trata de una post prueba.

La comparación entre las pospruebas de ambos grupos con y sin tratamiento (O1 y O2) nos demuestra si hubo o no efecto de la manipulación de la variable.

3.5.2. Diseño factorial

El diseño factorial estudia el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores (Gutiérrez, 2008). El arreglo factorial es el conjunto de puntos experimentales o tratamientos que pueden formarse considerando todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores (Gutiérrez, 2008).

El proyecto de investigación fue de diseño factorial, porque en la investigación se aplicó el diseño factorial de 3 x 3 por 3 repeticiones.

Donde:

- Tiempo :3
- Dosis: 3
- N° de pruebas = 3*3 =9

Con un diseño factorial 3*3 se estudió el efecto de dos factores considerando 3 tiempos para 3 dosis, pero también se consideró las muestras testigo para los 3 diferentes tiempos, así maneras como se muestra en la tabla.

Tabla 4

Tratamientos de la concentración de EM vs tiempo de retención hidráulico

Tiempo de retención hidráulico (días)	Dosificaciones			Blanco o testigo 0
	Concentración de microorganismos eficientes (%)			
	10ml	20ml	30ml	
11	M11-10ml	M11-20ml	M11-30ml	MB1
22	M22-10ml	M22-20ml	M22-30ml	MB2
33	M33-10ml	M33-20ml	M33-30ml	MB3

Fuente: Elaboración propia

Se realizarán 9 pruebas experimentales y 3 pruebas en blanco.

Figura 7

Tratamientos



Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de investigación

La investigación correspondió a un método científico sistemático, porque se aplicó los diferentes pasos secuenciales de dicho método. Como punto de partida para el trabajo de investigación se realizó la observación y diagnóstico de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yauli, seguidamente se efectuó la toma de muestras y por último la aplicación de los microorganismos eficientes con la finalidad de maximizar la remoción de materia orgánica.

El método científico es un proceso sistemático de investigación que consta de partes interdependientes, que parte desde la observación sistemática, medición y

experimentación, y la formulación, análisis y modificación de las hipótesis de manera ordenada, que permite explicar la relación entre los hechos y las leyes que expliquen los fenómenos físicos (Castán, 2016).

3.6.1. Método general

Según señala Jiménez (1998) los métodos generales son útiles para la obtención de conocimientos científicos y aquellos que se aplican en todas o casi todas las ramas de la ciencia y distintos tipos de investigaciones. La investigación se clasifica según su naturaleza, teniendo un método empírico y teórico (Horsford & Bayarre, 2007).

3.6.1.1. *Métodos empíricos.* Según señala Ramírez (1996) los métodos empíricos son observables.

a. Método de la Observación científica. La presente investigación presentó un método de observación científica, porque se realizó como primer paso la observación de la realidad objetiva, a través de la sensopercepción de la calidad del agua procedente de la PTAR Yauli, con la finalidad de examinar y analizar las consecuencias del experimento.

Martínez & Rodríguez (2016) señala que el método de la observación científica permite conocer la realidad mediante la sensopercepción directa de entes y procesos, para lo cual debe poseer algunas cualidades que le dan un carácter distintivo, es por ello que la observación se realiza en función de los objetivos y teniendo en cuenta las condiciones, los medios, el sujeto y la realidad objetiva; porque se apoya en juicios de la realidad y no en juicio de valor.

b. Método de la Medición. La presente investigación presentó un método de medición, porque se realizó la medición de los parámetros de DBO y DQO del efluente del sedimentador de la PTAR con y sin aplicación de los microorganismos eficientes.

Martínez & Rodríguez (2016) señala que el método de medición se desarrolla con el objetivo de obtener información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto, proceso o fenómeno, donde se comparan magnitudes medibles conocidas.

c. Método de la Experimentación. La presente investigación presentó un método de experimentación, porque se manipuló el agua residual mediante la

aplicación de microorganismos eficientes, buscándose con ello una mayor eficiencia de remoción de la materia orgánica.

Martínez & Rodríguez (2016) señala que el método de experimentación es un método más complejo y eficaz de los métodos empíricos. Se trata de un experimento donde el investigador manipula (modifica de manera directa o indirecta) una variable, con la finalidad de crear condiciones necesarias que permitan obtener buenos rendimientos.

3.6.1.2. **Métodos teóricos.** Según señala Ramírez (1996) los métodos empíricos o constructivos son no observables, es decir cuando son abstractas. Permiten descubrir en el objeto de investigación las relaciones esenciales y las cualidades fundamentales, no detectables de manera sensoperceptiva (Martínez & Rodríguez, 2016).

a. Método inductivo-deductivo. La presente investigación presentó un método inductivo-deductivo, porque en la aplicación del estudio se obtuvo informaciones particulares de la calidad del efluente de la PTAR Yauli, seguidamente se consolidó si cumple o no con los límites máximos permisibles. Asimismo, los parámetros que superen los límites máximos permisibles fueron analizados de manera individual, luego de aplicarse los microorganismos eficientes en el tratamiento. Este método se inició con observaciones individuales, a partir de las cuales se plantean generalizaciones, las cuales permitieron hacer predicciones.

Según señala Rodríguez & Pérez (2017) El método inductivo-deductivo está conformado por dos procedimientos inversos: inducción y deducción, siendo deductivo en un sentido, de lo general a lo particular, e inductivo en sentido contrario, de lo particular a lo general.

b. Método analítico-sintético. La presente investigación presentó un método analítico-sintético, porque estudió la calidad del agua descomponiéndola en cada uno de sus parámetros en forma individual (análisis) para determinar si supera los límites máximos permisibles y luego se evaluó de forma integral el nivel de eficacia de remoción.

Según señala Jiménez (2013) se refiere a dos procesos intelectuales inversos que operan en unidad: el análisis y la síntesis. El análisis es un procedimiento lógico que posibilita descomponer el objeto de estudio a partes individualizadas, para que

después una vez investigadas las partes se debe unir las y conformar el conjunto llamado síntesis.

c. Método hipotético-deductivo. La presente investigación presentó un método hipotético-deductivo, porque confrontaron y se comprobaron la veracidad de la hipótesis planteada en el presente proyecto.

Según señala Rodríguez & Pérez (2017) en este método, las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones, es decir son explicaciones iniciales, para luego obtener conclusiones particulares de ella, que luego serán a su vez comprobadas experimentalmente.

d. Método comparativo. La presente investigación presentó un método comparativo, porque al obtener la concentración de los parámetros de DBO y DQO se comparó con la normativa legal de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), con la finalidad de controlar los excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente.

Según Díaz & León (2015) señala que el objetivo fundamental del método comparativo consiste en la generalización empírica y la verificación de hipótesis, y hace uso de la comparación con cosas desconocidas a partir de las conocidas, con la finalidad de explicarlas e interpretarlas, perfilar nuevos conocimientos, destacar lo peculiar de fenómenos conocidos, sistematizar la información distinguiendo las diferencias con fenómenos o casos similares.

3.6.2. Métodos estadísticos

Según señala Universidad del Sur de Chiapas (2014) el método estadístico consiste en una serie de procedimientos para el manejo de los datos cuantitativos de la investigación, que tiene como propósito la comprobación, en una parte de la realidad de una o varias consecuencias verticales deducidas de la hipótesis general de la investigación. Las características que adoptan los procedimientos propios del método estadístico dependen del diseño de investigación seleccionado para la comprobación de la consecuencia verificable en cuestión.

3.6.2.1. *Métodos o pruebas estadísticas paramétricas.* Según Richar (2014) las pruebas estadísticas no paramétricas, se basan en que se supone una forma determinada

de la distribución de valores, generalmente la distribución normal, en la población de la que se obtiene la muestra experimental. En cambio, las técnicas paramétricas si presuponen una distribución teórica de probabilidad subyacente para la distribución de los datos.

En la investigación se usó como método estadístico la prueba o test de Shapiro-Wilks, la cual plantea la hipótesis nula que una muestra proviene de una distribución normal (Dietrichson, 2019). Asimismo, se empleó la prueba de análisis de varianza ANOVA.

3.7. Población, muestra y muestreo

La población y muestra para la presente investigación es la siguiente:

3.7.1. Población de la investigación

En la presente investigación la población fue finita, porque estuvo comprendida por el volumen de agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de las aguas residuales del distrito de Yauli –Huancavelica, el cual tiene un caudal promedio de 6.2 l/s, equivalente a un volumen de 53 568 litros.

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994) la población es conocido como universo y es el conjunto o totalidad de individuos u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación, las cuales presentan características susceptibles a ser estudiada.

3.7.2. Muestra de la investigación

La muestra se conceptualiza por Hernández, Fernández, & Bautista (2014). como un subconjunto de la población, que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse con precisión, además de que debe ser representativo de la población.

Las muestras no probabilísticas son técnicas de muestreo, donde el investigador elige muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de seleccionar al azar. El presente proyecto de investigación es de tipo de muestra no probabilística, porque es la más adecuada para trabajos de investigación experimentales a nivel de laboratorio.

Para definir la muestra, se tomó como referencia el trabajo de investigación realizado por Valdez (2016), donde la muestra fue 20 L de agua residual por balde. Asimismo, las muestras para los análisis de parámetros fisicoquímicos y para los 3 tratamientos se tomó según el protocolo de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2013), siendo las siguientes: DBO5 (500 ml), DQO (500 ml), pH (50 ml), sólidos suspendidos totales (500 ml) y temperatura (50 ml).

3.7.3. Muestreo de la investigación

El presente trabajo de investigación tuvo un muestreo no probabilístico por comodidad, porque no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, si no que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador. Esta técnica es considerada la más fácil, la más barata y la que menos tiempo lleva (Hernández, Fernández, & Bautista, 2014). Según Niño (2011), un muestreo no probabilístico por conveniencia busca acceder a muestras de manera intencional en base a un criterio el cual sea conveniente para el estudio.

Para determinar el muestreo de los parámetros de las aguas residuales se utilizó la muestra simple, donde se tomó una muestra puntual para un determinado tiempo y para la recolección de las muestras se utilizó el protocolo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2013).

3.8. Técnica e instrumento de recolección de datos

A continuación, se detalla las técnicas e instrumentos de recolección de datos según el tipo de indicar.

Tabla 5

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento	Técnica
Variable independiente Microorganismos eficientes (EM)	Dosis óptima	✓ 0	ml	Probeta y pipeta	Observación, Medición y fichaje
		✓ 10ml			
		✓ 20ml			
		✓ 30ml			
	Tiempo de Retención Hidráulica	✓ 0	días	Calendario y probeta	
		✓ 11			
		✓ 22			
		✓ 33			
Variable dependiente	DQO	Porcentaje de remoción	%-mg/L	Digestor DBR200, Clorímetro portátil DR900	

Remoción de materia orgánica	DBO	Porcentaje de remoción	%-mg/L	Digestor DBR200, Clorímetro portátil DR900	Observación, Medición y fichaje
	STS	Porcentaje de remoción	%-ml/L	Horno, filtro y balanza analítica Hach TSS	
Variable Interviniente	PH	Acido Neutro Base	Escala de PH	Multiparámetro	Observación, Medición y fichaje
Parámetro fisicoquímico	Temperatura	Relación de grados de calor • Mínima • Máxima	°C	Multiparámetro	Observación, Medición y fichaje

Nota: La unidad de medida se encuentra en porcentaje (%), con la finalidad de facilitar el cálculo del nivel de eficiencia.

Tabla 6

Confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Justificación	Nivel de confiabilidad
Cadena de custodia del laboratorio “SGS DEL PERU S.A.C.”	El instrumento de recolección, ya está definido por el laboratorio mencionado	95%
Ficha de recolección de datos de campo	Se elaboró el instrumento de recolección de datos de los parámetros de pH y Temperatura (Supo, 2013).	90%
Instrumentos de laboratorio • Digestor DBR-200 • Colorímetro portátil DR-900 • Multiparámetro • Balanza analítica	En este caso el análisis de los parámetros de DBO, DQO y Solidos totales sedimentales (STS), se realizó en el laboratorio SGS DEL PERÚ S.A.C., la cual se encuentra acreditado por INACA, mediante el informe N°0637-2017-INACAL/DA. La cual se encuentra ubicada en la AV. Elmer Faucett 3348 Urb.Bocanegra-Callao1-LimaL; es por ello que sus instrumentos de medición de los parámetros mencionados son periódicamente calibrados y por ende de una confiabilidad alta (Instituto Nacional de Calidad, s.f.).Se realizó la medición en campo de los parámetros de pH y temperatura empleando un multiparámetro que el laboratorio nos alquiló.	98%

3.8.1. Técnicas de recolección de datos

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994) la técnica es el conjunto de reglas y procedimientos que le permiten al investigador establecer la relación con el objeto o sujeto de la investigación.

El presente trabajo de investigación posee las siguientes técnicas:

3.8.1.1. **Técnica de la observación.** En la presente investigación se empleó la técnica de la observación, porque nos permitió percibir las características del agua residual, antes y después de haber sido manipuladas.

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994) la técnica de la observación es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando y consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia.

3.8.1.2. **Técnica de la medición.** En la presente investigación se empleó la técnica de la medición, ya que se realizó la medición de las concentraciones de DQO, DBO₅ y STS del agua residual antes y después del tratamiento mediante el laboratorio acreditado por INACAL, así también se realizó mediciones de las concentraciones de la solución de los microorganismos eficientes activos empleando una pipeta milimetrada.

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994) la medición se desarrolla con el objetivo de obtener información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto, proceso o fenómeno, donde se comparan magnitudes medibles conocidas.

3.8.1.3. **Técnica el fichaje.** En la presente investigación se empleó la técnica del fichaje recolectando información in situ en las instalaciones de la PTAR de Yauli, ya que en el proceso de recolección de muestras de DBO₅, DQO y STS se recolectó información necesaria por medio de la cadena de custodia realizado por el laboratorio acreditado; asimismo se realizó la recolección de datos de pH y temperatura en el transcurso de los tratamientos por medio de una ficha de campo realizada por los investigadores.

Según señala Tenorio (1998) el fichaje es una técnica utilizada especialmente por los investigadores. Es un modo de recolectar y almacenar información mediante la utilización de una ficha de campo.

3.8.1.4. **Análisis documental.** En la presente investigación se empleó la técnica del análisis documental, ya que se realizó la recolección de datos sobre la caracterización de las aguas residuales de la PTAR Yauli, de la tesis denominada Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, el cual fue presentado por Ancalle y Ledesma.

El análisis documental se usó en la recolección de datos de las fuentes documentales, fichas textuales y de resumen, recurriendo como fuentes a libros especializados, documentos oficiales e internet, que aplicamos para obtener los datos de los dominios de las variables: conceptos básicos, técnicas avanzadas, disposiciones presupuestales y operativas y beneficios potenciales (Bernal, 2006, p. 7).

3.8.2. Instrumentos de recolección de datos

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994) el instrumento es el mecanismo que utiliza el investigador para recolectar y registrar la información: Entre estos se encuentran los formularios, las pruebas psicológicas, las escalas de opinión y de actitudes, las listas u hojas de control, entre otros.

En el presente trabajo de investigación se empleó los siguientes instrumentos.

3.8.2.1. **Computadora de escritorio.** En la investigación se utilizó como instrumento un ordenador que sirvió para poder recolectar la información documental y asimismo nos ayudó a procesar la información rápidamente para poder ejecutar los comandos programados.

3.8.2.2. **Ficha de recolección de datos de los parámetros de campo.** En este trabajo se empleó como instrumento del fichaje, una ficha de campo realizado por los investigadores y evaluados por expertos, donde se registró todos los datos recolectados de pH y temperatura durante el proceso de los tratamientos, las cuales se registró al inicio y para los tres periodos de tiempo de retención (11,22 y 33 días).

Según señala Tenorio (1998) la ficha de campo es un instrumento que se usa para anotar todos los datos recolectados de las mediciones realizadas u observadas en campo, las fichas de campo tienen la siguiente estructura: Tema de investigación, Nombre del investigador, Institución, Lugar, Fecha, Hora.

3.8.2.3. **Cadena de custodia.** En la investigación se usó como instrumento del fichaje, una cadena de custodia realizado por el laboratorio acreditado donde se recolectó la información del muestreo y parámetros que se analizaron como el tipo de agua, tipo de muestra, fecha, hora, tipo de envase, análisis requerido, datos del cliente y responsable del envío.

3.8.2.4. **Multiparámetro.** En la investigación se usó como instrumento de la medición un multiparámetro, que nos ayudó a medir la temperatura y pH de cada unidad experimental.

3.8.2.5. *Instrumentos de laboratorio.* En la investigación el laboratorio acreditado por INACAL uso un digestor DBR-200 y colorímetro portátil DR-900: para determinación de la DBO y DQO.

3.8.3. Confiabilidad de los Instrumentos de recolección de datos

En el presente proyecto de investigación se realizó las siguientes validaciones.

3.8.3.1. *Cadena de custodia.* Según Supo (2013) la validación de un instrumento se realiza siguiendo 10 pasos, pero en este caso solo usaremos 3 pasos.

a. Paso N° 1: Revisa la literatura

Se realizó una revisión de la literatura, para saber si ya existe un instrumento o teoría previa para la toma de muestras y recolección de datos de las mediciones que se pretendió realizar, la revisión de la literatura consiste en la revisión del conocimiento que se tiene hasta este momento del concepto que se desea medir (Supo, 2013).

Realizando el análisis de nuestro proyecto de investigación se determinó que el proyecto se encuentra enmarcado en la 1era circunstancia: El concepto está plenamente definido, ya que existe una teoría definida, y un instrumento ya elaborado para lo que es la recolección de muestras de efluentes de PTAR. En este caso el instrumento de recolección, ya está definido por el laboratorio mencionado para el registro de la toma de muestras en campo.

b. Paso N° 2: Exploración del concepto

Tras realizar un análisis al instrumento de recolección, se determinó que el instrumento es ideal y que no se requiere algunas modificaciones.

c. Paso N°3: La confiabilidad

El grado de confiabilidad de las fichas es del 95%, es por ello que el nivel de significancia es de un 5 %, debido a que son fichas de recolección de datos establecidos por el laboratorio “SGS DEL PERU S.A.C”, el cual está acreditado por INACAL, es decir es un laboratorio que cuenta con competencia técnica reconocida por INDECOPI, la cual emite resultados confiables.

3.8.3.2. Ficha de recolección de campo de pH y temperatura

a. Paso N° 1: Revisa la literatura

Se realizó una revisión de la literatura, para saber si ya existe un instrumento o ficha previa para la recolección de datos de campo de aquellas muestras donde se aplico la tecnología de los microorganismos eficientes, se determinó que no existe

ninguna ficha guía, es por ello que se elaboró el instrumento de recolección de muestras con los diferentes tratamientos para los diferentes periodos de retención (Supo, 2013).

b. Paso N° 2: Selecciona los jueces

Un juez, dentro del tema de la validación de instrumentos, es una persona que nos ayuda a evaluar las recomendaciones y asimismo posee un criterio científico (Supo, 2013).

En este proceso el juez (03 expertos en el tema) analizo y revisó la ficha en función a su suficiencia, pertinencia y claridad y evaluó de forma cualitativa, para finalmente ponderar una calificación con la finalidad de validar los instrumentos mediante juicio de expertos, donde se obtuvo una valor promedio del 90% que está en un rango de 0.9, por lo tanto, nuestro instrumento es confiable.

Tabla 7

Validación de la ficha de campo

Especialistas	Profesión	N° CIP	Promedio de validez
Ing. Cayllahua Ramos Madyori	Ing. Ambiental y sanitaria	264238	94%
Ing. Gonzales Carhuapoma Lizbeth Tania	Ing. Ambiental y sanitaria	264241	90%
Ing. Ramos Gómez, Edith Yuliza	Ing. Ambiental y sanitaria	260485	86%
Promedio total de validación			90%

c. Paso N°3: La confiabilidad

El grado de confiabilidad de las fichas es del 90%, debido a que son fichas de recolección de datos ya validadas por los expertos

3.8.3.3. Instrumentos de Laboratorio

Los instrumentos de laboratorio empleados son:

- Digestor DBR-200 y colorímetro portátil DR-900: para determinar la DBO y DQO.
- Multiparámetro: para determinar el pH y la temperatura del agua residual.

- Termómetro ambiental digital: para determinar la temperatura del ambiente.

En este caso el análisis de los parámetros de DBO, DQO y Solidos totales sedimentales (STS), fueron procesados por el laboratorio SGS DEL PERÚ S.A.C. acreditado por INACAL mediante la cédula de notificación N°0637-2017-INACAL/DA, la cual se encuentra ubicada en la AV. Elmer Faucett 3348 Urb. Bocanegra-Callao 1-Lima L, Urb. El Pino, distrito de San Luis, Lima; es por ello que sus instrumentos de medición de los parámetros mencionados son periódicamente calibrados y por ende de una confiabilidad alta (Instituto Nacional de Calidad, s.f.).

El grado de confiabilidad de los instrumentos de laboratorio es del 98%, es por ello que el nivel de significancia es de un 2 %.

3.8.3.4. *La confiabilidad total del proyecto de investigación*

La confiabilidad total del presente trabajo de investigación es el promedio del grado de confiabilidad de cada instrumento.

$$CT = \frac{C.I.N^{\circ}1 + C.I.N^{\circ}2}{2}$$

$$CT = \frac{95\% + 90\% + 98\%}{3}$$

$$CT = 94.3\%$$

La confiabilidad total para la presente investigación es del 94%.

3.9. Procedimiento de la investigación

Para dar respuesta a los objetivos planteados en esta investigación, se realizó los análisis de los parámetros de DBO, DQO y STS de las aguas tratadas de la PTAR-Yauli a los 11, 22 y 33 días, en el laboratorio “SGS del Perú SAC- Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-002” con muestras tomadas de los baldes experimentales de 20 litros de capacidad, con dosificaciones de 0ml (muestra testigo), 10, 20 y 30 ml de EMa activado, la dosificación se aplicó al inicio, antes del tratamiento se determinó el análisis de la muestra patrón del efluente del desarenador de la PTAR, para finalmente determinar el porcentaje de remoción.

3.9.1. Etapa 1: gabinete inicial

- En esta etapa, se procedió a la recopilación de información de fuente secundaria, es decir información bibliográfica (libros, revistas, artículos, etc.).
- Se realizó la preparación de materiales, formatos y equipos indispensables para llevar a cabo la investigación como: equipos de protección personal, formatos (cadena de custodia, etiquetas para las muestras, fichas de campo), equipos (multiparámetro, cronometro y cámara fotográfica), insumos (EM_a, agua destilada, solución amortiguadora de pH, preservante para DQO), materiales de laboratorio (perra de succión, pipeta, vaso de precipitado), materiales del muestreo (frascos de muestreo, cajas térmicas, refrigerantes, y demás materiales (12 baldes de 20L, marcador indeleble, cinta adhesiva, sogá, entre otros). Asimismo, se realizó la localización de la PTAR y posteriormente la ubicación de la zona experimental y zona de muestreo mediante las herramientas informáticas (Google Earth V 7.3.2.5491).
- Se planificó el monitoreo, el tipo de muestra y también se llevó un botiquín como medida de seguridad. Asimismo, se coordinó con las autoridades de la Municipalidad distrital de Yauli para los permisos correspondientes, en la recolección de muestras de aguas residuales para ejecutar el proyecto.

3.9.2. Etapa 2: Laboratorio (Activación de los microorganismos eficientes)

- **Activación de los Microorganismos Eficientes**
 Los microorganismos del EM se encuentran en estado inactivo, con el propósito de conservarlo a largo plazo. Es por ello que antes de usarlos es necesario activarlos, para obtener microorganismos eficientes activados (EM_a), para lo cual se recomienda mezclar 90% agua sin cloro, 5% melaza y 5% EM, para luego incubarlo a temperatura óptima de activación de 25 °C a 37 °C, hasta lograr un pH menor a 3.8 (recomienda un pH óptimo de 3.5) (**Miyashiro & Meggs, 2007**). El Banco Interamericano de Desarrollo (**2009**) recomienda que 1 litro de EM rinde 20 lts de EM activado (EM_a).
- La activación del EM_a se realizó en el laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica para lo cual se necesitó los siguientes materiales:
 - 1 bidón con tapa hermética

- 50 ml de EM-Agua adquirida de la empresa Organic Fruits E.I.R.L ubicada en la ciudad de Lima
- 50 ml de melaza
- 900 ml de agua destilada
- 2 vasos precipitados de 1000 ml
- 2 ollas
- 1 cucharon
- 1Termómetro
- 1 cocina
- 1 gas
- Se activó 1 L de EM activado de la siguiente manera:
 - Lo primero que se hizo fue calentar los 900 ml de agua destilada fría hasta lograr una temperatura de 35 °C.
 - Se coloco 50 ml de melaza en otra olla y luego se mezcló con 50 ml del agua ya calentada anteriormente, con la finalidad de garantizar la disolución, posteriormente se sometió a fuego lento hasta llegar a una temperatura de 60 °C durante 20 minutos.
 - Después se empezó a vaciar en el bidón, el agua caliente, la mezcla de melaza y al final el EM-agua.
 - Después en un envase se mezcló el agua caliente (90 %), la mezcla (5%) y al final el EM-agua (5%) (Miyashiro & Meggs, 2007).
 - Seguidamente se cerró el bidón herméticamente para una reproducción anaerobia, y se colocó en la incubadora a una temperatura de 30 °C
 - Al pasar 5 días se abrió el bidón para liberar los gases producidos por la fermentación y para la obtención del EMa se verificó que la mezcla tenga un color café claro y un pH menor a 3.8.
 - El EM activado se obtuvo a los 7 días de fermentación en de la incubadora, cuando la mezcla tuvo un color café claro y un pH menor a 3.4. y se conservó en un lugar oscuro a temperatura ambiente hasta ser usado en los tratamientos.

3.9.3. Etapa 3: campo

3.9.3.1. *Reconocimiento del área de estudio.* Se realizó una inspección y evaluación visual de la PTAR Yauli, identificándose sus componentes, en el cual se

identificó primero la criba, seguidamente del desarenador y sedimentador, siendo esta última el punto de monitoreo para la respectiva investigación.

3.9.3.2. Recolección de la muestra patrón. Se identificó el lugar de muestreo (punto de descarga del sedimentador) más representativo, con el fin de obtener una ubicación exacta y registrar las coordenadas UTM del punto en estándar geodésico WGS84.

El 18 de Julio del 2021 se recolectó manualmente una muestra representativa de los parámetros de DBO, DQO y STS del Efluente del desarenador de la PTAR (E-1 PTAR-01) en envases de 500ml, para luego ser enviadas al laboratorio denominado “SGS del Perú SAC-Laboratorio de ensayo acreditado por INACAL-DA, para que realicen el respectivo análisis fisicoquímico.

3.9.3.3. Proceso de tratamiento con EM en la PTAR

a. Localización del área para el desarrollo experimental

El desarrollo experimental se llevó a cabo en las inmediaciones de la PTAR-Yauli (al costado del efluente del sedimentador) con la finalidad de que el procedimiento experimental tenga las mismas condiciones climáticas del lugar.

Tabla 8

Localización de PTAR

Localización de PTAR			
Nombre PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Yauli (PTAR-Yauli)		
	Este		516221.00 m E
Coordenadas de	Oeste		8588696.00 m S
PTAR	Altitud		3383 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia

b. Llenado de los 12 baldes para los tratamientos

En esta investigación se acondicionaron baldes de capacidad de 20 litros (12 baldes), en las cuales se vertió las aguas residuales procedentes del efluente del desarenador de la PTAR-Yauli, con la ayuda de una soga. Y finalmente se etiquetó con el nombre de cada tratamiento.

1. Inoculación

Tabla 9*Tratamiento con Microorganismo Eficiente*

Código	Tratamiento	Dosis de EM (ml)	TRH (días)
T1 11días-10ml	T1	10	11
T2 22días-10ml	T2	10	22
T3 33días-10ml	T3	10	33
T4 11días-20ml	T4	20	11
T5 22días-20ml	T1	20	22
T6 33días-20ml	T2	20	33
T7 11días-30ml	T3	30	11
T8 22días-30ml	T4	30	22
T9 33días-30ml	T1	30	33

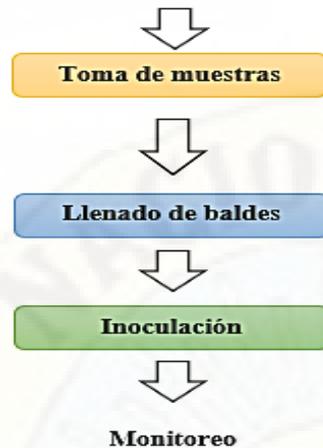
Fuente: Elaboración propia

Se llevaron 3 tratamientos con 3 repeticiones (9 unidades experimentales) y 3 muestras testigos, con dosificaciones de 10,20, y 30 ml/ de Microorganismos eficientes activados durante diferentes tiempos de retención hidráulica de 11, 22 y 33 días, la inoculación se realizó el día cero (0) en el medio de los baldes experimentales que contienen el agua residual, con la finalidad de que el Ema se distribuya de una manera homogénea (esta aplicación de choque, se hizo con el fin de acondicionar física, química y ambientalmente a los microorganismos). El proceso se llevó a cabo para tres diferentes tiempos de retención hidráulica de la siguiente manera: Para el primer tratamiento se inoculo 10 ml de Ema en 20 litros de agua residual, para el segundo tratamiento se inoculo 20 ml de Ema y para el ultimo tratamiento se inoculo 30ml de Ema; asimismo se tuvo tres testigos en los cuales no se inoculo el Ema.

Una vez inoculadas las unidades experimentales, se dejó en tratamiento y se controló los parámetros en estudio a los 11,22 y 33 días, de la siguiente manera: la primera repetición de 10, 20 y 30 ml más el primer testigo por 11 días, la segunda repetición más el segundo testigo por 22 días y la tercera más el tercer testigo por 33 días. Para finalmente realizar el análisis respectivo de cada parámetro (**Bazán & Nureña, 2019**).

Figura 8*Diagrama de proceso de tratamiento con Ema*

Agua residual del efluente de desarenador (PTAR)



2. Maduración

Para garantizar resultados confiables, fue necesario ejecutar algunas actividades posteriores a la aplicación del producto y a estas las llamamos procesos de maduración. Uno de estos fue revolver el agua residual los primeros dos días del experimento para poder asegurarnos que la acción de los ME fuera homogénea y de esta forma oxigenar las bacterias

3.9.3.4. Recolección de muestras de los parámetros

Para lo cual se tuvo en consideración el tipo y volumen de envase por parámetro.

a. Recipiente de muestras de los parámetros

Para la elección del tipo de frasco se tuvo en consideración el Anexo N° III. Requisitos para la toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales del MVCS y también las sugerencias del laboratorio de análisis “SGS del Perú SAC”.

Se utilizó frascos de polietileno esterilizados de boca ancha limpio de capacidad de 500ml para el parámetro de DBO, frascos de vidrio de color ámbar de boca ancha limpio 500ml para el parámetro de DQO y frascos de vidrio de boca ancha limpio 500ml para el parámetro de STS.

b. Implementación del personal responsable

Los testistas se implementaron con los instrumentos de protección personal (botas, guardapolvo, mascarilla, casco y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua residual), al finalizar cada medición de cada balde se desechó los guantes.

c. Muestreo

En esta actividad se recolecto muestras simples de agua residual tratada en frascos de 500 ml de cada uno de las unidades(baldes) experimentales de tratamiento de 0ml (muestra testigo), 10, 20 y 30 ml EMA, previamente esterilizados, al cabo de 11 días en horas de la tarde para la primera repetición (29/07/2021), al cabo de 22 días para la segunda repetición (09/08/2021) y al cabo de 33 días para la tercera repetición (20/08/2021). En todo momento se evitó la recolección de la muestra tomando el frasco por la boca.

d. Preservación de las muestras

Luego de recolectar la muestra, se agregó in-situ un reactivo de preservación como es el ácido sulfúrico (H_2SO_4) hasta un $\text{pH} < 2$ para el parámetro de DQO, tal como lo indica en Anexo N° III. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo del protocolo.

e. Etiquetado y Rotulado de muestras

Se etiqueto y rotulo con letra clara y legible, empleando plumo de tinta indeleble, para luego cubrirla con cinta adhesiva transparente la información necesaria como: nombre de PTAR y denominación del punto de muestreo (código de tratamiento), Número de muestra (referido al orden de toma de muestra), nombre del proyecto, nombre de laboratorio, operador del muestreo, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, preservación realizada y tipo de reactivo.

f. Llenado del formato de cadena de custodia

Se llenó el formato de cadena de custodia mencionando los parámetros evaluados, tipo de frasco, tipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador del muestreo y otra información relevante.

g. Conservación y transporte de las muestras

Las muestras tomadas de agua residual, preservadas y rotuladas, se colocaron en una caja de almacenamiento térmica (cooler) con refrigerante (ice pack), para cumplir con la temperatura indicada de 4°C. Durante el transporte de las muestras se evitó romper los frascos de vidrio.

h. Envío de muestras

Se envió las muestras de Sólidos Suspendidos Totales, DBO, DQO al laboratorio de análisis “SGS del Perú SAC-Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-002” cumpliendo el tiempo recomendado (desde el inicio del muestreo hasta la llegada al laboratorio) para la preservación. Asimismo, los frascos fueron acompañados de su respectiva cadena de custodia enmicada.

3.9.3.5. Medición de parámetros en campo

Primeramente, se realizó la calibración del equipo portátil (multiparámetro) con soluciones buffers de pH antes de realizar la medición. Seguidamente se efectuó directamente en el agua residual de cada experimento las mediciones pH y temperatura.

El pH y temperatura se determinó a través del método potenciométrico, usando un multiparámetro, con electrodo de vidrio. Además, se introdujo electrodo del pH – metro hasta obtener la lectura constante.

3.9.4. Etapa 4: laboratorio-Determinación de los parámetros

El laboratorio acreditado por INACAL para la determinación de sus parámetros empleo lo siguiente métodos para la determinación de los siguientes parámetros.

a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

El laboratorio mencionado realizó la determinación del parámetro de DBO mediante el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF part 5210 B, 23rd Ed :2017, Biochemical Oxygen demand (BOD): 5-Day BOD test con referencia en el EW-APHA5210B. Donde se empleó un Digestor DBR-200 para la determinación de DBO.

b. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

El laboratorio mencionado realizo la determinación del parámetro de DBO mediante el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF part 5220 D, 23 nd Ed :2017, Chemical Oxygen demand, Closed Reflux, Clorimetric Method, con referencia en el EW-APHA5220D. Donde se empleó un colorímetro portátil DR-900 para la determinación de DQO

c. Sólidos suspendidos totales (STS)

El laboratorio mencionado realizo la determinación del parámetro de DQO mediante el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF part 2540-D 22 rd Ed :2017, Solids-Total Suspended Solids dried at 103-105°C con referencia en el EW-APHA2540C. Se determinó mediante la metodología analítica.

3.9.5. Etapa 5: gabinete final-Procesamiento de datos

Una vez obtenido los resultados de los análisis estos fueron registrados en una hoja de cálculo, para después ser comparados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM.

3.9.1.1. Consolidación de datos del ensayo de laboratorio

Se analizó los informes de ensayo entregados por el “SGS del Perú SAC-Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-002”, se ordenó y consolido los resultados en un Excel, para después realizar la comparación con los LMP para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o domesticas D.S N° 003 – 2010 – MINAM.

3.9.1.2. Eficiencia

La verificación de la eficiencia del tratamiento (porcentaje de remoción) se realizó por comparación de la calidad del agua residual cruda(patrón) y tratada, mediante la siguiente formula.

$$\%Eficiencia = \frac{(concentración patrón - concentración tratada)}{concentración patrón} * 100$$

3.9.1.3. Procesamiento de datos

Seguidamente se realizó el procesamiento de datos por cada tratamiento.

3.10. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

3.10.1. Técnicas de procesamiento de datos

Los parámetros recopilados se sistematizaron en una base de datos para lo cual se hizo uso del programa Microsoft Office 2010. Los resultados obtenidos se analizaron a través del paquete estadístico SPSS versión 23 para la contratación de hipótesis.

Para la contrastación de hipótesis se utilizará la prueba estadística de análisis de varianza ANOVA de dos factores, con distribución de Fisher con un nivel de confianza (95%) y un nivel de significación de 5% (0.05).

Figura 9

Procedimiento de intervalos de confianza



Por último, se presentarán las Tablas de Frecuencias, los gráficos de barras y la interpretación respectiva de los resultados.

3.10.2. Análisis de datos

La estadística descriptiva es una ciencia la cual facilita la toma de decisiones a través de la presentación de los datos que se obtendrá y estas serán plasmadas en tablas y gráficos, permitiendo así la comparación de datos, generalmente se utilizara para la obtención de la distribución de frecuencias (Fernández, Hernández, & Baptista, 2014).

Hernández, Fernández, & Bautista (2014) la estadística inferencial es para probar la hipótesis y estimar los parámetros, el propósito del estudio de investigación va más a allá de describir la distribución de las variables, por el cual, la estadística inferencial pretende llegar a la hipótesis. Por ello se usará la técnica de análisis de estadístico inferencial.

La técnica para el procesamiento de datos en esta investigación utilizará la estadística descriptiva e inferencial utilizando los programas SPSS y el Excel.

3.11. Descripción de la prueba de hipótesis

3.11.1. Nivel de confianza del trabajo de investigación

Para la contrastación de la hipótesis se determinaron a un nivel de significancia de 5%, es decir: $\alpha = 0.05$, por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajó fue del 95 %, es decir con $(1 - \alpha) = 0.95$.

3.11.2. Prueba de hipótesis de normalidad de residuos

Romero (2016) menciona que la prueba de bondad de ajuste se usa para el contraste de distribución normal para seleccionar una prueba paramétrica o no paramétrica.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov: Conocida como prueba K-S, es una prueba de significación estadística para verificar si los datos de la muestra proceden de una distribución normal. Se emplea para variables cuantitativas continuas y cuando el tamaño muestral es mayor de 50 (Romero, 2016).

Prueba de Shapiro Wilk: Se emplea cuando el tamaño muestral es igual o inferior a 50 datos, por lo que es la prueba de contraste de bondad para verificar si estos datos se ajustan a una distribución normal (Romero, 2016).

3.11.3. Prueba ANOVA

El estadístico de prueba utilizado fue la prueba paramétrica de análisis de varianza de Fisher de modo lineal general univariado con dos factores-ANOVA, esto debido a que cumplen con los supuestos de variación como normalidad y homocedasticidad (2010). Los modelos factoriales de análisis de varianza (factorial=más de un factor) se emplean para estimar el efecto individual y conjunto de dos o más factores (variables independientes categóricas que pueden tomar categorías) sobre una variable dependiente cuantitativa (Marin, 2016).

CAPITULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

A continuación, se presentan el análisis de los resultados en función a los objetivos.

4.1.1. Presentación de resultados del objetivo general

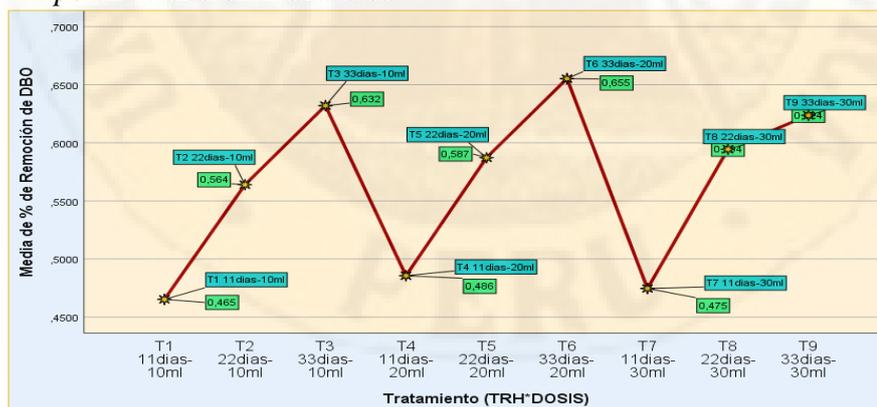
Determinar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

La concentración de DBO/DQO determina de manera indirecta la cantidad de materia orgánica biodegradable, es por ello que la eficacia del proceso se mide a partir del porcentaje de remoción de DQO y DBO de manera independiente (Openbiblio, 2013). Se presenta en el apéndice N°57 los diferentes gráficos estadísticos correspondientes a los diferentes % de remoción de la DBO y DQO.

4.1.1.1. La materia orgánica en función del porcentaje de remoción del DBO

Figura 10

Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

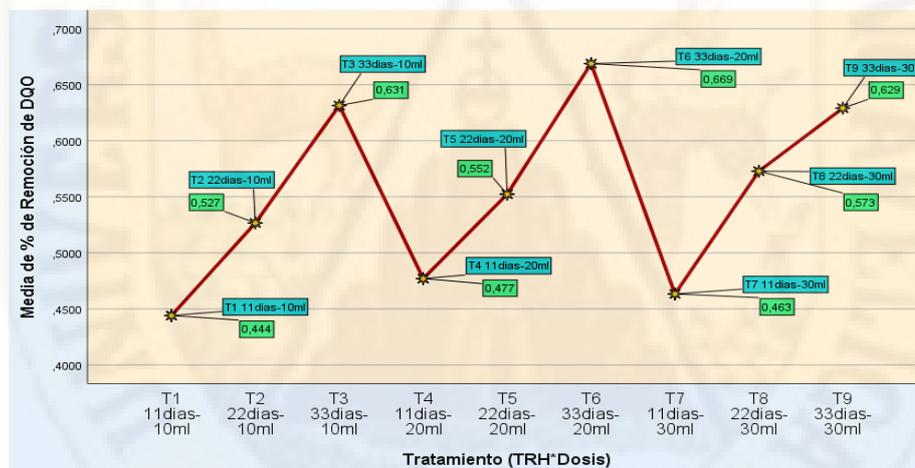
En la presente gráfica se puede observar el porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) mediante la aplicación de los EM para 3 diferentes TRH, mostrando como mejor tratamiento el T6 33 días-20ml, con porcentaje de remoción promedio de 65.52%; concluyendo que existe una dosis optima de microorganismos

eficientes de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la PTAR Yauli, 2021; seguido del T3 33días-10ml con 63.20%; mientras que el peor tratamiento fue el tratamiento T1 11días-10ml con porcentaje de remoción promedio de 46.52 %. De igual forma se puede señalar que existieron 9 tratamientos de los cuales el T2, T3, T5, T6, T8, T9 obtuvieron resultados eficientes ya que el porcentaje de remoción de estos es superior al 50% garantizando el cumplimiento de los LMP para DBO a excepción solo del T2 que no cumple la normativa, mientras que el T1, T4 Y T7 no fueron eficientes, ya que el porcentaje de remoción fue inferior al 50%.

4.1.1.2. La materia orgánica en función del porcentaje de remoción del DQO

Figura 11

Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica (DQO-Dosis)



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En las presentes graficas se puede observar el porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) mediante la aplicación de los EM para 3 diferentes TRH, en donde se muestra que el mejor tratamiento fue el T6 33días-20ml, donde se obtuvo un porcentaje de remoción promedio de 66.88%; y de esta manera se concluye que existe una dosis optima de microorganismos eficientes de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la PTAR Yauli, 2021; seguido del T3 33días-10ml donde se obtuvo un 63.20%; mientras que el peor tratamiento fue el tratamiento T1 11días-10ml donde se obtuvo

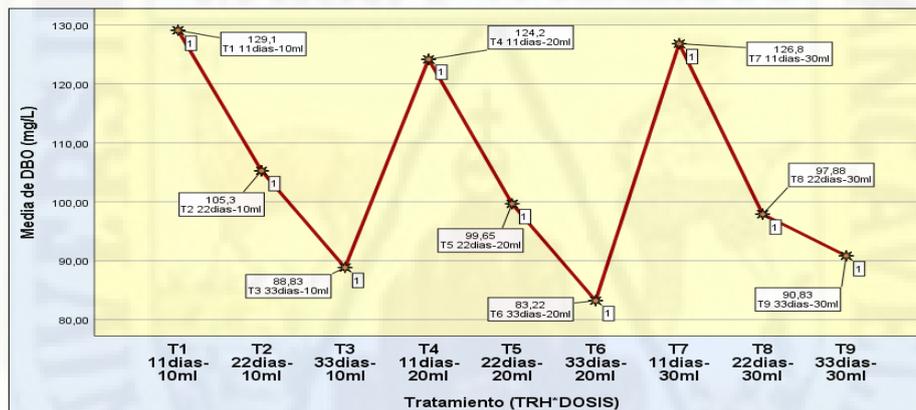
un porcentaje de remoción promedio de 44.41%. De igual forma se puede señalar que existieron 9 tratamientos de los cuales el T3, T2, T5, T6, T8 y T9 obtuvieron resultados eficientes ya que el porcentaje de remoción de estos es superior al 50%, mientras que el T1, T4 y T7 no fueron eficientes porque el porcentaje de remoción son inferiores al 50%; pero estos datos garantizan el cumplimiento de los LMP para DQO con valor máximo de 200 mg/L.

4.1.2. Presentación de resultados para el objetivo específico 1

Se presenta en el apéndice N° los diferentes gráficos estadísticos correspondientes a las diferentes concentraciones de la DBO.

Figura 12

Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica.



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

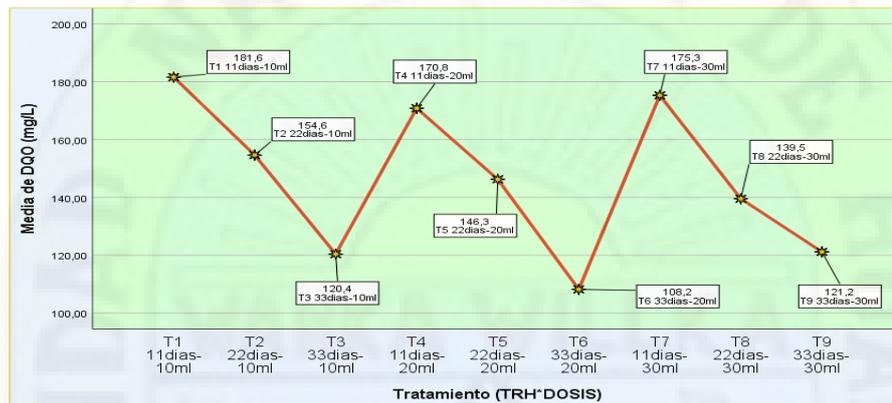
En la presente figura se puede observar las concentraciones de (DBO) mediante la aplicación de los Microorganismos Eficientes para 3 diferentes TRH, donde se muestra que el mejor tratamiento fue el T6 33días-20ml con una concentración promedio de 83.22 mg/L; se concluye que existe una dosis optima de microorganismos eficientes de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de DBO, cumpliendo los LMP en la PTAR del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021; mientras que el tratamiento con menos remoción fue el tratamiento T1 11días-10ml con una concentración promedio de 129.1 mg/L. De igual forma se puede señalar que existieron 9 tratamientos de los cuales los tratamientos T1, T2, T4, T7 no cumplieron con los LMP y los T3, T5, T6, T8, T9 tuvieron valores por debajo de 100 mg/L cumpliendo los LMP.

4.1.3. Presentación de resultados para el objetivo específico 2

Se presenta en el apéndice N° los diferentes gráficos estadísticos correspondientes a las diferentes concentraciones de la DQO.

Figura 13

Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

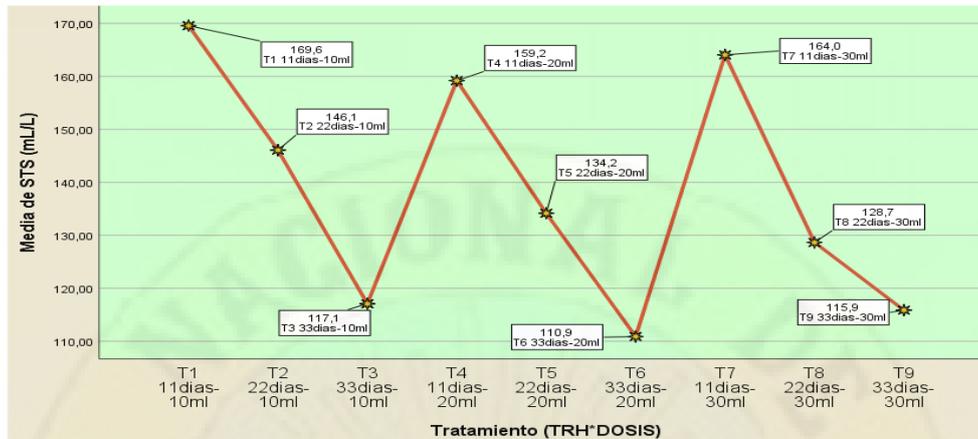
En la presente figura se puede observar las concentraciones de (DQO) mediante la aplicación de los Microorganismos Eficientes para 3 diferentes TRH, donde se muestra que el mejor tratamiento fue el T6 33 días-20ml con una concentración promedio de 108.193 mg/L; se concluye que existe una dosis optima de microorganismos eficientes de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de DQO cumpliendo los LMP en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021; mientras que el tratamiento con menos remoción fue el tratamiento T1 11 días-10ml con una concentración promedio de 181.607 mg/L. De igual forma se puede señalar que los 9 tratamientos tuvieron menores eficiencias, pero sí lograron remover y tener valores por debajo de los 200 mg/L cumpliendo los LMP.

4.1.4. Presentación de resultados para el objetivo específico 3

Se presenta en el apéndice N° los diferentes gráficos estadísticos correspondientes a las diferentes concentraciones de la STS.

Figura 14

Gráfico de medias del mejor tratamiento en función de la dosis optima de EM y tiempo de retención hidráulica



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En la figura se puede observar las concentraciones de (STS) mediante la aplicación de los Microorganismos Eficientes para 3 diferentes TRH, donde se muestra que el mejor tratamiento fue el T6 33días-20ml con una concentración de 110.897 mL/L; se concluye que existe una dosis optima de microorganismos eficientes de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de STS, cumpliendo los LMP en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021; mientras que el tratamiento con menos remoción fue el tratamiento T1 11días-10ml con concentración de 169.553mL/L. De igual forma se puede señalar que existieron 9 tratamientos de los cuales los tratamientos T1, T4, T7 no cumplieron con los LMP y los T2, T3, T5, T6, T8, T9 tuvieron valores por debajo de 150 mL/L cumpliendo los LMP.

4.2. Proceso de Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis o análisis inferencial de las variables en el estudio se realizó mediante la prueba paramétrica “ANOVA de dos factores”, donde se empleó la distribución de F de Fisher

4.2.1. Supuestos de varianza

4.2.1.1. Supuestos de varianza para el objetivo general

4.2.1.1.1. Supuestos de varianza para la materia orgánica en función del DBO_5

A. Supuesto de Normalidad

a. Planteamiento de hipótesis de normalidad de residuos

La hipótesis de normalidad es la siguiente:

H₀: Los residuos se distribuyen normalmente

H_a: Los residuos no se distribuyen normalmente

b. Nivel de confianza

Para la contrastación de la hipótesis se determinaron a un nivel de significancia de 5%, es decir: $\alpha = 0.05$, por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajó fue del 95 %, es decir con $(1 - \alpha) = 0.95$. El nivel de significancia: define la zona de rechazo de H₀.

Nivel de confianza = 0.95 (95%)

Nivel de significación o α (margen de error) = 0.05(5%)

c. Prueba de Normalidad

Romero (2016) indica que para realizar la prueba de bondad de ajuste para el contraste de distribución normal se tiene dos formas de contraste más usadas:

Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov - Smirnov

Si $n < 50$ se aplica Shapiro – Wilk

En este caso se empleó la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño muestral para cada indicador fue de 27 datos.

d. Estadístico de prueba

Romero (2016) señala que los datos cumplen una distribución normal solo si el P valor es mayor igual a 0.05 y no cumplen con una distribución normal si el P valor es menor o inferior a 0.05.

Si p-valor < 0.05 se rechaza la H₀

Si p-valor \geq 0.05 se acepta la H₀ y se rechaza la H_a

e. Decisión estadística

Tabla 10

Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos

Pruebas de normalidad					
			Shapiro-Wilk		
	TRH (días)	Dosis de EM (ml)	Estadístico		P valor
11 días	Residuo para DBO	10 ml de EM	,928	3	,480
		20 ml de EM	,999	3	,952

		30 ml de EM	,995	3	,868
22 días	Residuo para DBO	10 ml de EM	,997	3	,900
		20 ml de EM	,907	3	,407
		30 ml de EM	,997	3	,900
33 días	Residuo para DBO	10 ml de EM	,812	3	,144
		20 ml de EM	,871	3	,298
		30 ml de EM	,818	3	,157

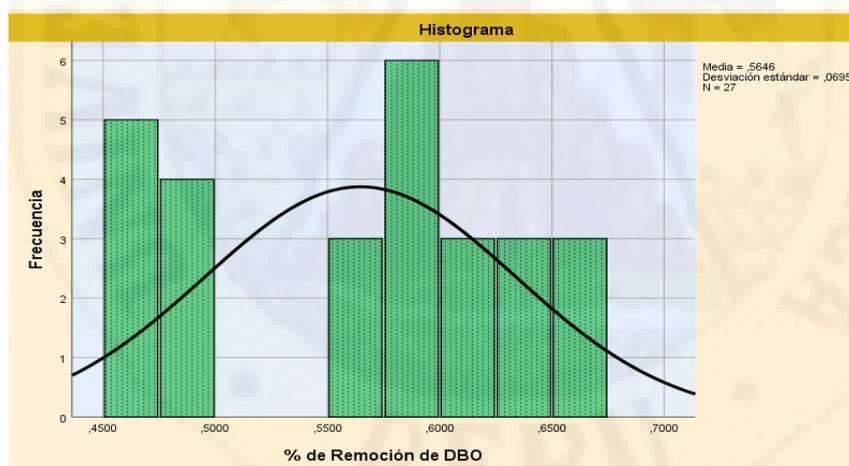
Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Al ser nuestros datos menores a 50 (27), se utilizó los resultados de la prueba de Shapiro – Wilk, donde se observa en la Tabla 10 que el p-valor de cada residuos de los tratamientos de estudio tienen valores mayores que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), esto quiere decir que en todos los 9 tratamientos los residuos se distribuyen normalmente, verificándose con los gráficos de normalidad que se presenta en las figuras siguientes:

- *Campana de gauss o gráfico de frecuencias de los tratamientos*

Figura 15

Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este apartado mediante la campana de gauss o gráfico de distribución se pudo observar que el grupo de datos del estudio tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo de la cola hacia el lado derecho, por lo que dichas colas tienden a ser simétricos. Es por ello que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se puede observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 0.0695, indicando que dichos datos son

variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de porcentaje de remoción de la materia orgánica 56.46%.

B. Supuesto de Homogeneidad u homocedasticidad de varianzas

a. Planteamiento de prueba de hipótesis de homogeneidad de varianza

Ho: $\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5$

Ha: Al menos una varianza es diferente

b. Nivel de significancia

Nivel de confianza = 0.95 (95%)

Nivel de significación o α (margen de error) = 0.05(5%)

c. Elección de la prueba estadística

Para dos o más grupos: se aplica Levene para contrastar la igualdad de varianzas.

En este caso como las muestras son más de dos en el estudio se usa la prueba de igualdad de Levene de varianzas.

d. Estimación del p-valor

Si p-valor < 0.05 se rechaza la Ho

Si p-valor \geq 0.05 se acepta la Ho y se rechaza la Ha (igualdad de varianzas)

e. Decisión estadística

Tabla 11

Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	P valor
% de Remoción de DBO	Se basa en la media	1,342	8	18	,286

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Teniendo en cuenta que nuestras muestras son mayores a dos (9 muestras), se utilizó los resultados de la prueba de igualdad de Levene en la que se observa en la tabla 11, donde el p-valor de los datos del porcentaje de remoción en estudio presenta un valor mayor que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (Ha), esto quiere decir que todos los datos son homogéneos.

4.2.1.1.2. Supuestos de varianza para la materia orgánica en función del DQO

A. Supuesto de Normalidad

a. Planteamiento de hipótesis de normalidad de residuos

La hipótesis de normalidad es la siguiente:

Ho: Los residuos se distribuyen normalmente

Ha: Los residuos no se distribuyen normalmente

b. Nivel de confianza

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Prueba de Normalidad

Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov - Smirnov

Si $n < 50$ se aplica Shapiro – Wilk

En este caso se empleó la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño muestral para cada indicador fue de 27 datos.

d. Estadístico de prueba

Si **p-valor** < 0.05 se rechaza la Ho

Si **p-valor** \geq 0.05 se acepta la Ho y se rechaza la Ha

e. Decisión estadística

Tabla 12

Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos

		Pruebas de normalidad						
		TRH	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		(días)	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
10 ml de EM	Residuo para	11 días	,341	3	.	,846	3	,230
	DQO	22 días	,236	3	.	,977	3	,712
		33 días	,339	3	.	,850	3	,241
20 ml de EM	Residuo para	11 días	,361	3	.	,807	3	,132
	DQO	22 días	,175	3	.	1,000	3	1,000
		33 días	,204	3	.	,993	3	,843
30 ml de EM	Residuo para	11 días	,189	3	.	,998	3	,908
	DQO	22 días	,320	3	.	,883	3	,334
		33 días	,337	3	.	,855	3	,253

a. Corrección de significación de Lilliefors

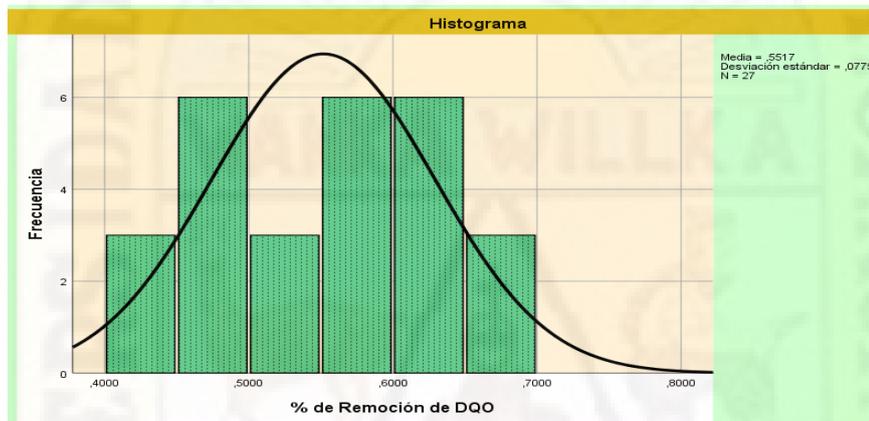
Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Al ser nuestros datos menores a 50 (27), se utilizó los resultados de la prueba de Shapiro – Wilk, donde se observa en la Tabla 12 que el p-valor de cada residuos de los tratamientos de estudio tienen valores mayores que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), esto quiere decir que en todos los 9 tratamientos los residuos se distribuyen normalmente, verificándose con los gráficos de normalidad que se presenta en las figuras siguientes:

- **Campana de gauss o gráfico de frecuencias de los tratamientos**

Figura 16

Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este apartado mediante la campana de gauss o gráfico de distribución se pudo observar que el grupo de datos del estudio tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo positivo, por lo que la cola tiende ser sesgada a la derecha. Es por ello que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se puede observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 0.0775 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de porcentaje de remoción de la materia orgánica del 55.17%.

B. Supuestos de Homogeneidad

a. Planteamiento de prueba de hipótesis de homogeneidad de varianzas

H_0 : $\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5$

H_a : Al menos una varianza es diferente

b. Nivel de significancia

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Elección de la prueba estadística

Para dos o más grupos: se aplica Levene para contrastar la igualdad de varianzas.

En este caso como las muestras son más de dos en el estudio se usa la prueba de igualdad de Levene de varianzas.

d. Estimación del p-valor

Si p-valor < 0.05 se rechaza la Ho

Si p-valor \geq 0.05 se acepta la Ho y se rechaza la Ha (igualdad de varianzas)

e. Decisión estadística

Tabla 13

Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
% de Remoción de DQO	Se basa en la media	,308	8	18	,953

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Teniendo en cuenta que nuestras muestras son mayores a dos (9 muestras), se utilizó los resultados de la prueba de igualdad de Levene en la que se observa en la tabla 13, donde el p-valor de los datos de porcentaje de remoción en estudio presenta un valor mayor que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (Ha), esto quiere decir que todos los datos son homogéneos.

4.2.1.2. Supuestos de varianza para el objetivo específico 1 (DBO)

A. Prueba de hipótesis de normalidad de residuos

f. Planteamiento de hipótesis de normalidad de residuos

La hipótesis de normalidad es la siguiente:

Ho: Los residuos se distribuyen normalmente

Ha: Los residuos no se distribuyen normalmente

g. Nivel de significancia

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

h. Prueba de Normalidad

Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov - Smirnov

Si $n < 50$ se aplica Shapiro – Wilk

En este caso se empleó la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño muestral para cada indicador fue de 27 datos.

i. Estadístico de prueba

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se rechaza la H_0

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

j. Decisión estadística

Tabla 14

Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos

Pruebas de normalidad						
Tratamiento	TRH (días)		Dosis de EM (ml)	Estadístico	Shapiro-Wilk	
					gl	P valor
T1 11días-10ml	11 días	Residuo para	10 ml de EM	,925	3	,470
T2 22días-10ml		DBO	20 ml de EM	,999	3	,940
T3 33días-10ml			30 ml de EM	,996	3	,874
T4 11días-20ml	22 días	Residuo para	10 ml de EM	,998	3	,915
T5 22días-20ml		DBO	20 ml de EM	,887	3	,344
T6 33días-20ml			30 ml de EM	,997	3	,896
T7 11días-30ml	33 días	Residuo para	10 ml de EM	,801	3	,118
T8 22días-30ml		DBO	20 ml de EM	,855	3	,253
T9 33días-30ml			30 ml de EM	,819	3	,160

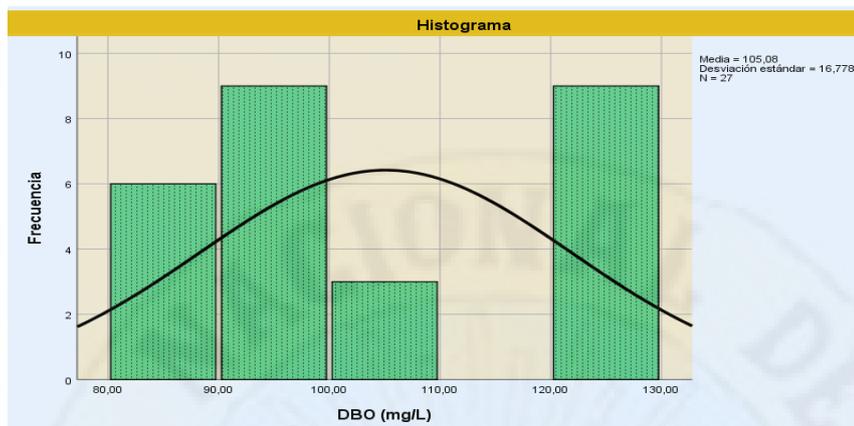
Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Al ser nuestros datos menores a 50 (27), se utilizó los resultados de la prueba de Shapiro – Wilk, donde se observa en la Tabla 14 que el p-valor de cada residuos de los tratamientos de estudio tienen valores mayores que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), esto quiere decir que en todos los 9 tratamientos los residuos se distribuyen normalmente, verificándose con los gráficos de normalidad que se presenta en las figuras siguientes:

- *Campana de gauss o gráfico de frecuencias de los tratamientos*

Figura 17

Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este apartado mediante la campana de gauss o gráfico de distribución se pudo observar que el grupo de datos del estudio tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo positivo, por lo que la cola tiende a ser segada a la derecha; es por ello que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se puede observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 16.778 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de remoción de DBO 105.08 mg/L.

B. Supuesto de Homogeneidad

a. Planteamiento de prueba de hipótesis de homogeneidad de varianza

Ho: $\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5$

Ha: Al menos una varianza es diferente

b. Nivel de significancia

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Elección de la prueba estadística

Para dos o más grupos: se aplica Levene para contrastar la igualdad de varianzas.

En este caso como las muestras son más de dos en el estudio se usa la prueba de igualdad de Levene de varianzas.

d. Estimación del p-valor

Si p-valor < 0.05 se rechaza la Ho

Si **p-valor** ≥ 0.05 se acepta la H_0 y se rechaza la H_a (igualdad de varianzas)

e. Decisión estadística

Tabla 15

Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	P valor
DBO (mg/L)	Se basa en la media	1,396	8	18	,264

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Teniendo en cuenta que nuestras muestras son mayores a dos (9 muestras), se utilizó los resultados de la prueba de igualdad de Levene en la que se observa en la tabla 14, donde el p-valor de los datos de remoción de DBO_5 en estudio presenta un valor mayor que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), esto quiere decir que todos los datos son homogéneos.

4.2.1.3. Supuestos de varianza para el objetivo específico 2 (DQO)

A. Prueba de hipótesis de normalidad de residuos

a. Planteamiento de hipótesis de normalidad de residuos

La hipótesis de normalidad es la siguiente:

H_0 : Los residuos se distribuyen normalmente

H_a : Los residuos no se distribuyen normalmente

b. Nivel de confianza

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Prueba de Normalidad

Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov - Smirnov

Si $n < 50$ se aplica Shapiro – Wilk

En este caso se empleó la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño muestral para cada indicador fue de 27 datos.

d. Estadístico de prueba

Si **p-valor** < 0.05 se rechaza la H_0

Si **p-valor** ≥ 0.05 se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

e. Toma de decisión

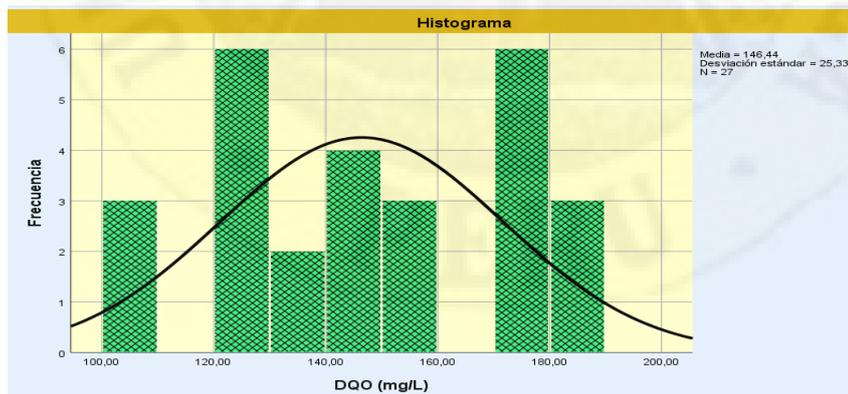
Tabla 16*Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos*

TRH (días)	Residuo para DQO	Dosis de EM (ml)	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
11 días	Residuo para DQO	10 ml de EM	,848	3	,235
		20 ml de EM	,803	3	,122
		30 ml de EM	,997	3	,902
22 días	Residuo para DQO	10 ml de EM	,978	3	,718
		20 ml de EM	1,000	3	1,000
		30 ml de EM	,887	3	,345
33 días	Residuo para DQO	10 ml de EM	,842	3	,220
		20 ml de EM	,992	3	,825
		30 ml de EM	,856	3	,257

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Al ser nuestros datos menores a 50 (27), se utilizó los resultados de la prueba de Shapiro – Wilk, donde se observa en la Tabla 16 que el p-valor de cada residuo de los tratamientos de estudio tienen valores mayores que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), esto quiere decir que en todos los 9 tratamientos los residuos se distribuyen normalmente, verificándose con los gráficos de normalidad que se presenta en las figuras siguientes:

- *Campana de gauss o gráfico de frecuencias de los tratamientos*

Figura 18*Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos*

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este apartado mediante la campana de gauss o gráfico de distribución se pudo observar que el grupo de datos del estudio tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo positivo, por lo que

la cola tiende ser segada a la derecha; es por ello que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se puede observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 25.332 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de remoción de DQO 146.44 mg/L.

B. Supuesto de Homogeneidad

a. Planteamiento de prueba de hipótesis de homogeneidad de varianza

Ho: $\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5$

Ha: Al menos una varianza es diferente

b. Nivel de significancia

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Elección de la prueba estadística

Para dos o más grupos: se aplica Levene para contrastar la igualdad de varianzas.

En este caso como las muestras son más de dos en el estudio se usa la prueba de igualdad de Levene de varianzas.

d. Estimación del p-valor

Si p-valor < 0.05 se rechaza la Ho

Si p-valor \geq 0.05 se acepta la Ho y se rechaza la Ha (igualdad de varianzas)

e. Decisión estadística

Tabla 17

Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

		Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}			
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Pvalor.
DQO (mg/L)	Se basa en la media	,315	8	18	,950

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Teniendo en cuenta que nuestras muestras son mayores a dos (9 muestras), se utilizó los resultados de la prueba de igualdad de Levene en la que se observa en la tabla 17, donde el p-valor de los datos de remoción de DQO en estudio presenta un valor mayor que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (Ho)

y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), esto quiere decir que todos los datos son homogéneos.

4.2.1.4. Supuestos de varianza para el objetivo específico 3 (SST)

A. Prueba de hipótesis de normalidad de residuos

a. Planteamiento de hipótesis de normalidad de residuos

La hipótesis de normalidad es la siguiente:

H₀: Los residuos se distribuyen normalmente

H_a: Los residuos no se distribuyen normalmente

b. Nivel de confianza

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Prueba de Normalidad

Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov - Smirnov

Si $n < 50$ se aplica Shapiro – Wilk

En este caso se empleó la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño muestral para cada indicador fue de 27 datos.

d. Estadístico de prueba

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se rechaza la H_0

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

e. Decisión estadística

Tabla 18

Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para cada uno de los tratamientos

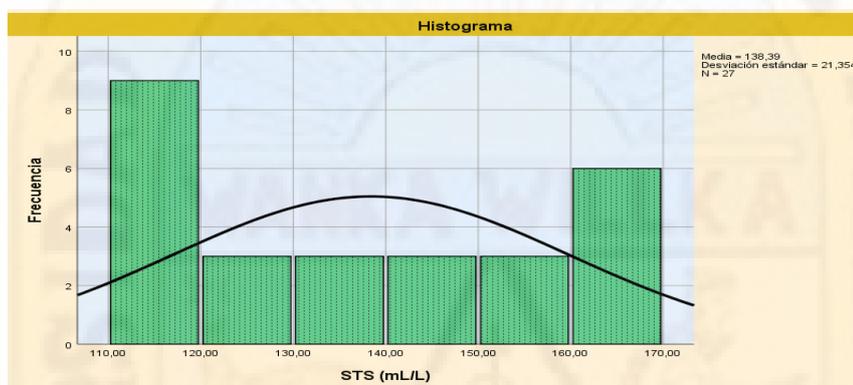
TRH (días)		Dosis de EM (ml)	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	P valor.
11 días	Residuo para STS	10 ml de EM	,991	3	,823
		20 ml de EM	,993	3	,838
		30 ml de EM	,921	3	,456
22 días	Residuo para STS	10 ml de EM	,969	3	,663
		20 ml de EM	,925	3	,470
		30 ml de EM	,803	3	,121
33 días	Residuo para STS	10 ml de EM	,907	3	,407
		20 ml de EM	,992	3	,831
		30 ml de EM	,965	3	,643

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Al ser nuestros datos menores a 50 (27), se utilizó los resultados de la prueba de Shapiro – Wilk, donde se observa en la Tabla 18 que el p-valor de cada residuo de los tratamientos de STS de estudio tienen valores mayores que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), esto quiere decir que en todos los 9 tratamientos los residuos se distribuyen normalmente, verificándose con los gráficos de normalidad que se presenta en las figuras siguientes:

Figura 19

Gráfico de frecuencias con la curva de distribución de todos los tratamientos



Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este apartado mediante la campana de gauss o gráfico de distribución se pudo observar que el grupo de datos del estudio tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo positivo, por lo que la cola tiende a ser segada a la derecha; es por ello que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se puede observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 21.354 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de remoción de STS 138.39 mL/L.

B. Supuesto de Homogeneidad

a. Planteamiento de prueba de hipótesis de homogeneidad de varianza

H_0 : $\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5$

H_a : Al menos una varianza es diferente

b. Nivel de significancia

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Elección de la prueba estadística

Para dos o más grupos: se aplica Levene para contrastar la igualdad de varianzas.

En este caso como las muestras son más de dos en el estudio se usa la prueba de igualdad de Levene de varianzas.

d. Estimación del p-valor

Si **p-valor** < 0.05 se rechaza la Ho

Si **p-valor** ≥ 0.05 se acepta la Ho y se rechaza la Ha (igualdad de varianzas)

e. Decisión estadística

Tabla 19

Prueba de homogeneidad-Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	P valor.
STS (mL/L)	Se basa en la media	1,904	8	18	,122

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: Teniendo en cuenta que nuestras muestras son mayores a dos (9 muestras), se utilizó los resultados de la prueba de igualdad de Levene en la que se observa en la tabla 19 donde el p-valor de los datos de remoción de STS en estudio presenta un valor mayor que 0.05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (Ha), esto quiere decir que todos los datos son homogéneos.

4.2.2. Prueba de hipótesis

4.2.2.1. Prueba de hipótesis para el objetivo general

La eficacia del proceso se mide generalmente a partir del porcentaje de remoción de DQO y DBO de manera independiente (Openbiblio, 2013).

4.2.2.1.1. Prueba inferencial para la materia orgánica en función del DBO5

Como señala Hernández, Fernández, & Bautista (2010) la contracción de hipótesis se resume en 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

a. Formulación de la hipótesis nula y/o alterna de acuerdo al problema

Hipótesis nula (Ho): No existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de la

materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ **Ho:** $PXY = 0$

Hipótesis alterna (Ha): Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica.

Ha: Al menos un método es diferente **Ha:** $PXY \neq 0$

Conclusión: Como la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas demostraron que los datos tienen esas distribuciones entonces se elige la prueba paramétrica F que se obtiene con el análisis de varianzas de dos factores.

b. Escoger un nivel de significancia o riesgo(α)

Para la contrastación de la hipótesis se determinaron a un nivel de significancia de 5%, es decir: $\alpha = 0.05$, por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajó fue del 95 %.

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Escoger el estadígrafo más apropiado

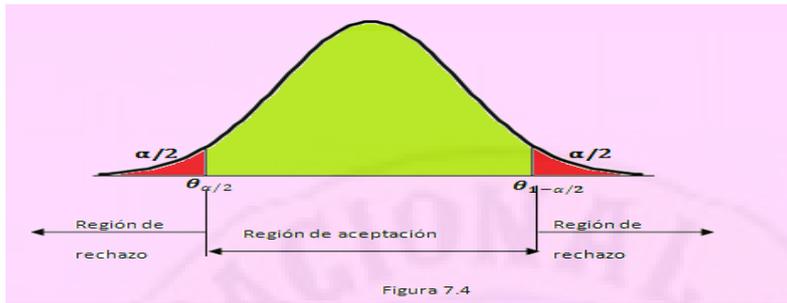
El estadístico de prueba utilizado fue la prueba paramétrica de análisis de varianza de Fisher de modo lineal general univariado con dos factores-ANOVA, seguidamente se aplicó un post hoc de Tukey (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

d. Establecer la región crítica

Se detalla que la prueba estadística es bilateral de dos colas ya que se buscó determinar el efecto del tiempo y dosis sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO).

Figura 20

Diagrama de distribución o campana de Gauss



Fuente: Elaboración propia.

A partir de hipótesis planteada la $H_a (\neq)$, indica que la prueba es bilateral, es por ello que la campana de Gauss posee dos colas (derecha e izquierda) en donde $(\alpha/2 = 0.025)$ señala la región de rechazo de la hipótesis nula y aprobación de la H_a .

e. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

Para: $H_a: \mu 10\text{ml} \neq \mu 20\text{ml} \neq \mu 30\text{ml}$, se tuvo en consideración lo siguiente:

P valor < 0.05; se acepta la hipótesis alterna H_a y se rechaza la hipótesis nula.

P valor < 0.05; se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula.

- **Aplicamos la prueba de Fisher**

Tabla 20

Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: % de Remoción de DBO					
	Tipo III de suma				
Origen	de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor
Modelo corregido	,126 ^a	8	,016	15277,732	,000
Intersección	8,608	1	8,608	8375575,537	,000
TRH	,122	2	,061	59285,748	,000
DOSIS	,002	2	,001	1087,486	,000
TRH * DOSIS	,002	4	,000	368,846	,000

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión: En este apartado podemos observar que mediante la prueba paramétrica ANOVA de dos factores mediante la distribución del F de Fisher se obtuvo a nivel del TRH un F de 59285,748, a nivel de la dosis un F de 1087,486 y a nivel de la interacción un F de 368,846; y un p valor de 0.000, el cual es menor al

nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$), lo que indica que, el factor TRH tiene un efecto estadísticamente significativo más alto, el factor Dosis de EM posee un efecto estadísticamente significativo regular y la interacción del factor Dosis de EM por el TRH poseen un efecto estadísticamente significativo más bajo que los anteriores sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) que ocasiona que exista variación, puesto que hay diferencia significativa del % de DBO entre los tratamientos.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente TRH**

Tabla 21

Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: % de Remoción de DBO							
	(I) TRH (días)	(J) TRH (días)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	P valor	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	11 días	22 días	-,1067*	,00048	,000	-,1079	-,1055
		33 días	-,1618*	,00048	,000	-,1631	-,1606
	22 días	11 días	,1067*	,00048	,000	,1055	,1079
		33 días	-,0551*	,00048	,000	-,0563	-,0539
	33 días	11 días	,1618*	,00048	,000	,1606	,1631
		22 días	,0551*	,00048	,000	,0539	,0563

Fuente: Elaboración propia.

En tabla 21 se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) se obtuvo para un TRH de 33 días, lo que señala, que para dicho periodo se obtuvieron porcentajes de remoción por encima del 50% a comparación del TRH de 11 días donde se obtuvieron bajos porcentajes de remoción, cuya diferencia de medias entre ambos tiempos es de 0.1618 y con respecto al TRH de 22 días fue de 0.0551.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente Dosis**

Tabla 22

Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: % de Remoción de DBO					
(I) Dosis de EM(ml)	(J) Dosis de EM(ml)	Desv. Error	P valor	Intervalo de confianza al 95%	

				Diferencia de medías (I-J)		Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	10 ml de EM	20 ml de EM		-,0223*	,00048	,000	-,0235	-,0211
		30 ml de EM		-,0106*	,00048	,000	-,0118	-,0093
	20 ml de EM	10 ml de EM		,0223*	,00048	,000	,0211	,0235
30 ml de EM			,0117*	,00048	,000	,0105	,0129	
30 ml de EM	10 ml de EM		,0106*	,00048	,000	,0093	,0118	
	20 ml de EM		-,0117*	,00048	,000	-,0129	-,0105	

Fuente: Elaboración propia.

En este apartado se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) se obtuvo para una dosis de 20ml, lo que señala, que para dicho periodo se obtuvieron porcentajes de remoción por encima del 50% a comparación de la dosis de 10 ml donde se obtuvieron bajos porcentajes, cuya diferencia de medías fue de 0,0223 y respecto a la dosis de 30 ml fue de ,0117.

- **Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes**

Tabla 23

Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes

3. TRH (días) * Dosis de EM(ml)

Variable dependiente: % de Remoción de DBO					
TRH (días)	Dosis de EM(ml)	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
11 días	10 ml de EM	,465	,001	,464	,466
	20 ml de EM	,486	,001	,484	,487
	30 ml de EM	,475	,001	,473	,476
22 días	10 ml de EM	,564	,001	,563	,565
	20 ml de EM	,587	,001	,586	,588
	30 ml de EM	,594	,001	,593	,596
33 días	10 ml de EM	,632	,001	,631	,633
	20 ml de EM	,655	,001	,654	,656
	30 ml de EM	,624	,001	,622	,625

Fuente: Elaboración propia.

En el presente apartado se puede observar que el mejor tratamiento fue el T6 ya que se obtuvo una remoción promedio de 65.52% y de esta manera se concluye que existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la PTAR Yauli,

2021, ya que dicho valor es superior al 50% de remoción de manera que garantice el cumplimiento de los LMP aprobado según Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; seguido del tratamiento T3 33días-10 ml donde la remoción fue 63.2 %; mientras que el peor tratamiento fue el tratamiento T1 11días-10ml con remoción promedio de 46.5 %, seguido del T7 11días-30ml donde se obtuvo un 47.5% y posteriormente del T4 11días-20ml donde se obtuvo un 48.6%, los cuales son inferiores al 50%.

a. Decisión estadística:

Se observó de acuerdo al estadístico “ANOVA de dos factores” mediante la aplicación de la distribución de F de Fisher un valor de 368,846 y un p valor de 0.000, el cual es menor al nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$), lo que indica que, la interacción del factor Dosis Optima de EM por el TRH poseen un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica (mg/L), por lo que se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna planteada por el investigador, el que menciona que; existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con valor promedio de 65.52% en la PTAR Yauli, 2021, ya que dicho porcentaje es superior al 50% de remoción de manera que garantice el cumplimiento del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

b. Conclusión estadística

Con un 95% de confianza, un nivel de significancia 0,05 y un F de Fisher de 368,846, se concluye que si existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con valor promedio de 65.52% en la PTAR Yauli 2021, ya que dicho porcentaje es superior al 50% de remoción de manera que garantice el cumplimiento de los LMP aprobado según Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; asimismo T1 11días-10ml no maximiza más de un 50% con remoción de 46.5%, seguido del T7 11días-30ml donde se obtuvo un 47.5% y posteriormente del T4 11días-20ml donde se obtuvo un 48.6%, debido a que en estos tratamientos el TRH fue de 11 días.

4.2.2.1.2. Prueba inferencial para la materia orgánica en función del DQO

a. Formulación de la hipótesis nula y/o alterna de acuerdo al problema

Hipótesis nula (H_0): No existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de la

materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

Hipótesis alterna (Ha): Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

b. Escoger un nivel de significancia o riesgo(α)

Nivel de confianza = 0.95 (95%)

Nivel de significación o α (margen de error) = 0.05(5%)

c. Escoger el estadígrafo más apropiado

El estadístico de prueba utilizado fue la prueba paramétrica de análisis de varianza de Fisher de modo lineal general univariado con dos factores-ANOVA, seguidamente se aplicó un post hoc de Tukey.

d. Establecer la región crítica

A partir de hipótesis planteada la $H_a (\neq)$, indica que la prueba es bilateral, es por ello que la campana de Gauss posee dos colas (derecha e izquierda) en donde ($\alpha/2 = 0.025$) señala la región de rechazo de la hipótesis nula y aprobación de la H_a .

e. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

Para: $H_a: \mu_{10ml} \neq \mu_{20ml} \neq \mu_{30ml}$, se tuvo en consideración lo siguiente:

P valor < 0.05: se acepta la hipótesis alterna H_a y se rechaza la hipótesis nula.

P valor > 0.05: se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula.

• **Aplicamos la prueba de Fisher**

Tabla 24

Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Variable dependiente: % de Remoción de DQO						
	Tipo III de					
	suma de		Media			Eta parcial al
Origen	cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.	cuadrado
Modelo corregido	,156 ^a	8	,020	15226,922	,000	1,000
Intersección	8,219	1	8,219	6404377,226	,000	1,000

TRH	,148	2	,074	57854,702	,000	1,000
DOSIS	,005	2	,002	1853,432	,000	,995
TRH * DOSIS	,003	4	,001	599,777	,000	,993

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: En este apartado podemos observar que mediante la prueba paramétrica ANOVA de dos factores mediante la distribución del F de Fisher se obtuvo a nivel del TRH un F de 57854,702, a nivel de la dosis un F de 1853,432 y a nivel de la interacción un F de 599,777; y un p valor de 0.000, el cual es menor al nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$), lo que indica que, el factor TRH tiene un efecto estadísticamente significativo más alto, el factor Dosis de EM posee un efecto estadísticamente significativo regular y la interacción del factor Dosis de EM por el TRH poseen un efecto estadísticamente significativo más bajo que los anteriores sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) que ocasiona que exista variación, puesto que hay diferencia significativa del % de DQO entre los tratamientos y es por ello que se empleara una prueba Post Hoc de Tukey para identificar el mejor tratamiento con respecto al TRH, a la dosis y a la interacción Dosis por TRH.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente TRH**

Debido a que el estadístico F fue significativo, se efectuó las comparaciones múltiples post hoc para saber el tratamiento más efectivo.

Tabla 25

Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: % de Remoción de DQO						
	(I) TRH (días)	(J) TRH (días)	Diferencia de medías (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior Límite superior
HSD Tukey	11 días	22 días	-,089111*	,0005340	,000	-,090474 -,087748
		33 días	-,181644*	,0005340	,000	-,183007 -,180282
	22 días	11 días	,089111*	,0005340	,000	,087748 ,090474
		33 días	-,092533*	,0005340	,000	-,093896 -,091170
	33 días	11 días	,181644*	,0005340	,000	,180282 ,183007
		22 días	,092533*	,0005340	,000	,091170 ,093896

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En la tabla 24 se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) se obtuvo para un TRH de 33 días, lo que señala, que para dicho periodo se obtuvieron porcentajes de por encima del 50% a comparación del TRH de 11 días donde se obtuvieron bajos porcentajes de remoción, cuya diferencia de medias entre ambos tiempos es de 0.1816 y con respecto al TRH de 22 días fue de 0.0925.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente Dosis**

Tabla 26

Prueba Post Hoc del porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: % de Remoción de DQO							
	(I) Dosis de EM (ml)	(J) Dosis de EM (ml)	Diferencia		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
			de medias (I-J)	Desv. Error		Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	10 ml de EM	20 ml de EM	-,031989*	,0005340	,000	-,033352	-,030626
		30 ml de EM	-,021033*	,0005340	,000	-,022396	-,019670
	20 ml de EM	10 ml de EM	,031989*	,0005340	,000	,030626	,033352
		30 ml de EM	,010956*	,0005340	,000	,009593	,012318
	30 ml de EM	10 ml de EM	,021033*	,0005340	,000	,019670	,022396
		20 ml de EM	-,010956*	,0005340	,000	-,012318	-,009593

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En este apartado se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) se obtuvo para una dosis de 20ml, lo que señala, que para dicho periodo se obtuvieron porcentajes de remoción por encima del 50% a comparación de la dosis de 10 ml donde se obtuvieron bajos porcentajes, cuya diferencia de medias entre ambas dosis fue de 0,03199 y respecto a la dosis de 30 ml fue de 0,010956.

- **Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes**

Tabla 27

Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de EM

3. TRH (días) * Dosis de EM (ml)	
Variable dependiente: % de Remoción de DQO	

TRH (días)	Dosis de EM (ml)	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
11 días	10 ml de EM	,444	,001	,443	,445
	20 ml de EM	,477	,001	,476	,478
	30 ml de EM	,463	,001	,462	,465
22 días	10 ml de EM	,527	,001	,525	,528
	20 ml de EM	,552	,001	,551	,554
	30 ml de EM	,573	,001	,571	,574
33 días	10 ml de EM	,631	,001	,630	,633
	20 ml de EM	,669	,001	,667	,670
	30 ml de EM	,629	,001	,628	,630

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En el presente apartado se puede observar que el mejor tratamiento fue el T6 ya que se obtuvo un porcentaje de remoción promedio de 66.9% y de esta manera se concluye que existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % la PTAR Yauli 2021, ya que dicho valor es superior al 50% de remoción de manera que garantice el cumplimiento de los LMP según el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; seguido del tratamiento T3 33 días-10 ml con una remoción de 63.1%; mientras que el peor tratamiento fue T1 11días-10ml con remoción promedio de 44.4 %, seguido del T7 11días-30ml donde se obtuvo un 46.3% y posteriormente del T4 11días-20ml donde se obtuvo un 47.7%, los cuales son inferiores al 50%.

a. Decisión estadística:

Se observó de acuerdo al estadístico “ANOVA de dos factores” mediante la aplicación de la distribución de F de Fisher un valor de 599,777 y un p valor de 0.000, el cual es menor al nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$), lo que indica que, la interacción del factor Dosis Optima de EM por el TRH poseen un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica (mg/L), por lo que se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna planteada por el investigador, el que menciona que; existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con valor promedio de 66,88% en la PTAR Yauli 2021, ya que dicho porcentaje es superior al 50% de remoción de manera que garantice el cumplimiento de los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

b. Conclusión estadística

Con un 95% de confianza, un nivel de significancia 0,05 y un F de Fisher de 599,777, se concluye que si existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con valor promedio de 66.88% en la PTAR Yauli 2021, ya que dicho porcentaje es superior al 50% de remoción de manera que garantice el cumplimiento de los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; asimismo el T1 11días-10ml no maximiza más de un 50% la remoción de DQO con valor promedio de 44,4%, seguido del T7 11días-30ml donde se obtuvo un 46.3% y posteriormente del T4 11días-20ml donde se obtuvo un 47.7%, debido a que en estos tratamientos el TRH fue de 11 días.

4.2.2.2. Prueba de hipótesis para el objetivo específico 1 (DBO)- Prueba inferencial

a. Formulación de la hipótesis nula y/o alterna de acuerdo al problema

Hipótesis nula (Ho): No existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

Hipótesis alterna (Ha): Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

b. Escoger un nivel de significancia o riesgo(α)

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Escoger el estadígrafo más apropiado

El estadístico de prueba utilizado fue la prueba paramétrica de análisis de varianza de Fisher de modo lineal general univariado con dos factores-ANOVA, seguidamente se aplicó un post hoc de Tukey.

d. Establecer la región crítica

A partir de hipótesis planteada la Ha (\neq), indica que la prueba es bilateral, es por ello que la campana de Gauss posee dos colas (derecha e izquierda) en donde

($\alpha/2 = 0.025$) señala la región de rechazo de la hipótesis nula y aprobación de la H_a .

e. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

Para: $H_a: \mu_{10ml} \neq \mu_{20ml} \neq \mu_{30ml}$, se tuvo en consideración lo siguiente:

P valor < 0.05: se acepta la hipótesis alterna H_a y se rechaza la hipótesis nula.

P valor > 0.05: se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula.

- **Aplicamos la prueba de Fisher**

Tabla 28

Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: DBO (mg/L)					
	Tipo III de suma				
Origen	de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor
Modelo corregido	7318,376a	8	914,797	15191,290	,000
Intersección	298139,281	1	298139,281	4950956,753	,000
TRH	7099,850	2	3549,925	58950,719	,000
DOSIS	130,207	2	65,103	1081,121	,000
TRH * DOSIS	88,319	4	22,080	366,659	,000

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

Conclusión: En este apartado se observa que mediante la prueba paramétrica ANOVA de dos factores se obtuvo un F de 58950,719 a origen del TRH, un F de 1081,121 a origen de la dosis y un F de 366,659 a origen de la interacción del TRH*Dosis EM, también se obtuvo un P valor de 0.000 la cual indica que es menor al nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$); el factor TRH tiene un efecto significativo más alto, el factor Dosis EM un efecto significativo regular y la interacción de TRH*Dosis EM un efecto significativo más bajo que los otros dos con respecto a la remoción de (DBO) la cual indica que existe variación, puesto que hay diferencia significativa entre los tratamientos.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente TRH**

Debido a que el estadístico F fue significativo, se efectuó las comparaciones múltiples post hoc para saber el tratamiento más efectivo.

Tabla 29

Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda biológica de Oxígeno (DBO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: DBO (mg/L)							
	(I) TRH (días)	(J) TRH (días)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	P valor	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	11 días	22 días	25,7600*	,11568	,000	25,4648	26,0552
		33 días	39,0644*	,11568	,000	38,7692	39,3597
	22 días	11 días	-25,7600*	,11568	,000	-26,0552	-25,4648
		33 días	13,3044*	,11568	,000	13,0092	13,5997
	33 días	11 días	-39,0644*	,11568	,000	-39,3597	-38,7692
		22 días	-13,3044*	,11568	,000	-13,5997	-13,0092

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En este apartado, se puede observar que la mayor remoción de (DBO) se obtuvo para un TRH de 33 días, logrando remociones dentro del rango de 100 mg/L de DBO de los LMP, a comparación del TRH de 11 días se obtuvieron bajas remociones en función del tiempo, cuya diferencia de medias entre ambos fue de -39.064 y con respecto al THR de 22 días fue -13.304.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente Dosis**

Tabla 30

Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda biológica de Oxígeno (DBO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: DBO (mg/L)							
	(I) Dosis de EM (ml)	(J) Dosis de EM (ml)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	P valor	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	10 ml de EM	20 ml de EM	5,3767*	,11568	,000	5,0814	5,6719
		30 ml de EM	2,5478*	,11568	,000	2,2525	2,8430
	20 ml de EM	10 ml de EM	-5,3767*	,11568	,000	-5,6719	-5,0814
		30 ml de EM	-2,8289*	,11568	,000	-3,1241	-2,5337
	30 ml de EM	10 ml de EM	-2,5478*	,11568	,000	-2,8430	-2,2525
		20 ml de EM	2,8289*	,11568	,000	2,5337	3,1241

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En este apartado se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de la materia orgánica (DBO) se obtuvo para una dosis de 20ml, logrando remociones dentro del rango de 100 mg/L de DBO de los LMP; a comparación de la dosis de 10ml obtuvo bajas remociones cuya diferencia de medias entre ambas dosis fue -5.3767* y respecto a la dosis de 30 ml fue de -2.8289.

- **Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes**

Tabla 31

Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes

Estimaciones					
Variable dependiente: DBO (mg/L)					
TRH (días)	Dosis de EM (ml)	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
11 días	10 ml de EM	129,083	,142	128,786	129,381
	20 ml de EM	124,170	,142	123,872	124,468
	30 ml de EM	126,817	,142	126,519	127,114
22 días	10 ml de EM	105,253	,142	104,956	105,551
	20 ml de EM	99,653	,142	99,356	99,951
	30 ml de EM	97,883	,142	97,586	98,181
33 días	10 ml de EM	88,833	,142	88,536	89,131
	20 ml de EM	83,217	,142	82,919	83,514
	30 ml de EM	90,827	,142	90,529	91,124

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En el presente apartado se puede observar que el mejor tratamiento fue el T6 con una concentración de 83,217 mg/L de DBO, concluyendo que existe una dosis optima EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de DBO, siendo inferior al valor límite de 100 mg/L garantizando el cumplimiento de los LMP; mientras que el peor tratamiento tuvo el T1 11días-10ml con una concentración de 129,083mg/L de DBO, seguido el T7 11días-30ml con 126,817 mg/L, el T4 11días-20ml con 124,170 mg/L y ultimo el T2 22días-10ml con 105,253 mg/L, la cual tiene remociones bajas y no cumple la normativa.

a. Decisión estadística:

De acuerdo al estadístico “ANOVA de dos factores”, se obtuvo la distribución de F de Fisher de 366,66 y un P valor de 0.000 el cual indica que es menor al nivel de significancia de (0.05); por lo tanto la interacción del factor Dosis Optima de EM por

el TRH poseen un efecto estadísticamente significativo sobre las remociones de (DBO mg/L), concluyendo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna planteada por el investigador; Asimismo se afirma que existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza las remociones de DBO obteniendo una concentración promedio de 83,217 mg/L para 20 litros de agua residual de la PTAR Yauli 2021, ya que dicha concentración se encuentra dentro del rango de 100 mg/L cumplimiento los LMP.

b. Conclusión estadística

Con un 95% de confianza, un nivel de significancia 0,05 y un F de Fisher de 366.66, se concluye que si existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza las remociones de DBO obteniendo una concentración promedio de 83,217 mg/L para 20 litros de agua residual de la PTAR Yauli-Huancavelica, 2021, ya que dicha concentración se encuentra dentro del rango de 100 mg/L cumplimiento los LMP; asimismo la interacción de la dosis de EM de 10 ml y un TRH de 11 días tuvo una baja remoción de DBO con valor promedio de 129,0833 mg/L, seguido el T7 11días-30ml con valor de 126,817 mg/L y por último el T4 11días-20ml con 124,170 mg/L, estos datos indican que no cumple con los LMP.

4.2.2.3. Prueba de hipótesis para el objetivo específico 2 (DQO) - Prueba inferencial

a. Formulación de la hipótesis nula y/o alterna de acuerdo al problema

Hipótesis nula (H_0): No existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

Hipótesis alterna (H_a): Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

b. Escoger un nivel de significancia o riesgo(α)

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Escoger el estadígrafo más apropiado

El estadístico de prueba utilizado fue la prueba paramétrica de análisis de varianza de Fisher de modo lineal general univariado con dos factores-ANOVA, seguidamente se aplicó un post hoc de Tukey.

d. Establecer la región crítica

A partir de hipótesis planteada la $H_a (\neq)$, indica que la prueba es bilateral, es por ello que la campana de Gauss posee dos colas (derecha e izquierda) en donde $(\alpha/2 = 0.025)$ señala la región de rechazo de la hipótesis nula y aprobación de la H_a .

e. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

Para: $H_a: \mu 10\text{ml} \neq \mu 20\text{ml} \neq \mu 30\text{ml}$, se tuvo en consideración lo siguiente:

P valor < 0.05: se acepta la hipótesis alterna H_a y se rechaza la hipótesis nula.

P valor > 0.05: se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula.

- **Aplicamos la prueba de Fisher**

Tabla 32

Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”

Pruebas de efectos inter-sujetos								
Variable dependiente: DQO (mg/L)								
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro sin centralidad	Potencia observada ^b
Modelo corregido	16682,323 ^a	8	2085,290	15120,540	,000	1,000	120964,317	1,000
Intersección	578982,757	1	578982,757	4198231,400	,000	1,000	4198231,400	1,000
TRH	15846,240	2	7923,120	57450,919	,000	1,000	114901,838	1,000
DOSIS	507,554	2	253,777	1840,149	,000	,995	3680,297	1,000
TRH * DOSIS	328,529	4	82,132	595,546	,000	,993	2382,182	1,000

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión: En este apartado se observa que mediante la prueba paramétrica ANOVA de dos factores se obtuvo un F de 57450,919 a origen del TRH, un F de 1840,149 a origen de la dosis y un F de 595,546 a origen de la interacción del TRH*Dosis EM, también se obtuvo un P valor de 0.000 la cual indica que es menor al nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$); el factor TRH tiene un efecto significativo más alto, el factor Dosis EM un efecto significativo regular y la interacción de

TRH*Dosis EM un efecto significativo más bajo que los otros dos con respecto a las remociones de (DQO) la cual indica que existe variación, puesto que hay diferencia significativa entre los tratamientos.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente TRH**

Debido a que el estadístico F fue significativo, se efectuó las comparaciones múltiples post hoc para saber el tratamiento más efectivo

Tabla 33

Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda Química de Oxígeno (DQO) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: DQO (mg/L)							
	(I) TRH (días)	(J) TRH (días)	Diferencia		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
			de medias (I-J)	Desv. Error		Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	11 días	22 días	29,1111*	,17506	,000	28,6643	29,5579
		33 días	59,3378*	,17506	,000	58,8910	59,7846
	22 días	11 días	-29,1111*	,17506	,000	-29,5579	-28,6643
		33 días	30,2267*	,17506	,000	29,7799	30,6735
	33 días	11 días	-59,3378*	,17506	,000	-59,7846	-58,8910
		22 días	-30,2267*	,17506	,000	-30,6735	-29,7799

Fuente: Elaboración propia.

En este apartado, se puede observar que la mayor remoción de (DQO) se obtuvo para un TRH de 33 días, logrando remociones dentro del rango de 200 mg/L de DQO de los LMP, a comparación del TRH de 11 días se obtuvieron bajas remociones en función del tiempo, cuya diferencia de medias entre ambos fue de -59.3378* y con respecto al THR de 22 días fue -30.2267*.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente Dosis**

Tabla 34

Prueba Post Hoc de los resultados de Demanda Química de Oxígeno (DQO) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente

Comparaciones múltiples				
Variable dependiente: DQO (mg/L)				
(I) Dosis de EM (ml)	(J) Dosis de EM (ml)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%

HSD Tukey			Diferencia			Límite inferior	Límite superior
			de medias (I-J)				
	10 ml de EM	20 ml de EM	10,4489*	,17506	,000	10,0021	10,8957
		30 ml de EM	6,8700*	,17506	,000	6,4232	7,3168
		20 ml de EM	10 ml de EM	-10,4489*	,17506	,000	-10,8957
	30 ml de EM	10 ml de EM	-6,8700*	,17506	,000	-7,3168	-6,4232
		20 ml de EM	3,5789*	,17506	,000	3,1321	4,0257

Fuente: Elaboración propia.

En este apartado se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de la materia orgánica (DQO) se obtuvo para una dosis de 20ml, logrando remociones dentro del rango de 200 mg/L de DQO de los LMP; a comparación de la dosis de 10ml obtuvo bajas remociones cuya diferencia de medias entre ambas dosis fue -10.4489* y respecto a la dosis de 30 ml fue de -3.5789*.

- **Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes**

Tabla 35

Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes

Estimaciones					
Variable dependiente: DQO (mg/L)					
Dosis de EM (ml)	TRH (días)	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
10 ml de EM	11 días	181,607	,214	181,156	182,057
	22 días	154,633	,214	154,183	155,084
	33 días	120,390	,214	119,940	120,840
20 ml de EM	11 días	170,840	,214	170,390	171,290
	22 días	146,250	,214	145,800	146,700
	33 días	108,193	,214	107,743	108,644
30 ml de EM	11 días	175,313	,214	174,863	175,764
	22 días	139,543	,214	139,093	139,994
	33 días	121,163	,214	120,713	121,614

Fuente: Elaboración propia.

En el presente apartado se puede observar que el mejor tratamiento fue el T6 con una concentración de 108,193 mg/L de DQO, concluyendo que existe una dosis

optima EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de DQO, siendo inferior al valor límite de 200 mg/L y garantizando el cumplimiento de los LMP; mientras que el tratamiento con menos remoción fue el tratamiento T1 11días-10ml con una concentración de 181,607 mg/, también fue eficiente y cumplió con la normativa.

a. Decisión estadística:

De acuerdo al estadístico “ANOVA de dos factores”, se obtuvo la distribución de F de Fisher de 595,55 y un P valor de 0.000 el cual indica que es menor al nivel de significancia de (0.05); por lo tanto la interacción del factor Dosis Optima de EM por el TRH poseen un efecto estadísticamente significativo sobre las remociones de (DQO mg/L), concluyendo que se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna planteada por el investigador; asimismo se afirma que existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de DQO , obteniendo una concentración de 108,19mg/L DQO para 20 litros de agua residual de la PTAR Yauli 2021, ya que dicha concentración se encuentra dentro del rango de 200 mg/L cumplimiento los LMP.

b. Conclusión estadística

Con un 95% de confianza, un nivel de significancia 0,05 y un F de Fisher de 595.55, se concluye que si existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de DQO, obteniendo un valor promedio de 108,19mg /L para 20 litros de agua residual de la PTAR Yauli-Huancavelica, 2021, ya que dicha concentración se encuentra dentro del rango de 200 mg/L cumplimiento los LMP; asimismo la interacción de la dosis de EM de 10 ml y un TRH de 11 días tuvo la más baja remoción con concentración de 181,61 mg/L, por lo cual indica que aun siendo el menos eficiente cumple con los límites máximos permisibles (LMP).

4.2.2.4. Prueba de hipótesis para el objetivo específico 3 (STS) - Prueba inferencial

a. Formulación de la hipótesis nula y/o alterna de acuerdo al problema

Hipótesis nula (Ho): No existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de STS en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

Hipótesis alterna (Ha): Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de STS en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

b. Escoger un nivel de significancia o riesgo(α)

Nivel de confianza = **0.95 (95%)**

Nivel de significación o α (margen de error) = **0.05(5%)**

c. Escoger el estadígrafo más apropiado

El estadístico de prueba utilizado fue la prueba paramétrica de análisis de varianza de Fisher de modo lineal general univariado con dos factores-ANOVA, seguidamente se aplicó un post hoc de Tukey.

d. Establecer la región crítica

A partir de hipótesis planteada la $H_a (\neq)$, indica que la prueba es bilateral, es por ello que la campana de Gauss posee dos colas (derecha e izquierda) en donde ($\alpha/2 = 0.025$) señala la región de rechazo de la hipótesis nula y aprobación de la H_a .

e. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

Para: $H_a: \mu_{10ml} \neq \mu_{20ml} \neq \mu_{30ml}$, se tuvo en consideración lo siguiente:

P valor < 0.05: se acepta la hipótesis alterna H_a y se rechaza la hipótesis nula.

Pvalor < 0.05: se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula.

- **Aplicamos la prueba de Fisher**

Tabla 36

Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de F “Fisher”

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: STS (mL/L)					
	Tipo III de suma				
Origen	de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	11851,036 ^a	8	1481,379	5235,379	,000
Intersección	517112,226	1	517112,226	1827538,692	,000
TRH	11149,894	2	5574,947	19702,554	,000
DOSIS	470,267	2	235,133	830,991	,000
TRH * DOSIS	230,875	4	57,719	203,985	,000

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión: En este apartado se observa que mediante la prueba paramétrica ANOVA de dos factores se obtuvo un F de 19702,55 a origen del TRH, un F de 830,991 a origen de la dosis y un F de 203,985 a origen de la interacción del TRH*Dosis EM, también se obtuvo un P valor de 0.000 la cual indica que es menor al nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$); el factor TRH tiene un efecto significativo más alto, el factor Dosis EM un efecto significativo regular y la interacción de TRH*Dosis EM un efecto significativo más bajo que los otros dos con respecto a las remociones de (STS) la cual indica que existe variación, puesto que hay diferencia significativa entre los tratamientos.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente TRH**

Debido a que el estadístico F fue significativo, se efectuó las comparaciones múltiples post hoc para saber el tratamiento más efectivo.

Tabla 37

Prueba Post Hoc de los resultados de Sólidos Totales Suspendedos (STS) a nivel del factor Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: STS (mL/L)							
	(I) TRH (días)	(J) TRH (días)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
HSD	11 días	22 días	27,9667*	,25076	,000	27,3267	28,6066
Tukey		33 días	49,6444*	,25076	,000	49,0045	50,2844
	22 días	11 días	-27,9667*	,25076	,000	-28,6066	-27,3267
		33 días	21,6778*	,25076	,000	21,0378	22,3178
	33 días	11 días	-49,6444*	,25076	,000	-50,2844	-49,0045
		22 días	-21,6778*	,25076	,000	-22,3178	-21,0378

Fuente: Elaboración propia.

En este apartado, se puede observar que la mayor remoción de (STS) se obtuvo para un TRH de 33 días, logrando remociones dentro del rango de 150 mL/L de STS de los LMP, a comparación del TRH de 11 días se obtuvieron bajas remociones en función del tiempo, cuya diferencia de medias entre ambos fue de -49.6444* y con respecto al THR de 22 días fue -21.6778*.

- **Prueba de Post Hoc a nivel de la variable independiente Dosis**

Tabla 38

Prueba Post Hoc de los resultados de Sólidos Totales Suspendedos (STS) a nivel del factor Dosis de Microorganismo Eficiente

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: STS (mL/L)							
	(I) Dosis de EM (ml)	(J) Dosis de EM (ml)	Diferencia de			Intervalo de confianza al 95%	
			medías (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
HSD	10 ml de EM	20 ml de EM	9,4878*	,25076	,000	8,8478	10,1278
		30 ml de EM	8,0400*	,25076	,000	7,4000	8,6800
Tukey	20 ml de EM	10 ml de EM	-9,4878*	,25076	,000	-10,1278	-8,8478
		30 ml de EM	-1,4478*	,25076	,000	-2,0878	-,8078
	30 ml de EM	10 ml de EM	-8,0400*	,25076	,000	-8,6800	-7,4000
		20 ml de EM	1,4478*	,25076	,000	,8078	2,0878

Fuente: Elaboración propia.

En este apartado se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de la materia orgánica (STS) se obtuvo para una dosis de 20ml, logrando remociones dentro del rango de 150 mL/L de DBO de los LMP; a comparación de la dosis de 10ml obtuvo bajas remociones cuya diferencia de medias entre ambas dosis fue -9.4878* y respecto a la dosis de 30 ml fue de -1.4478*.

- **Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes**

Tabla 39

Prueba de medidas marginales estimadas de la interacción de TRH y Dosis de microorganismos eficientes

3. TRH (días) * Dosis de EM (ml)					
Variable dependiente: STS (mL/L)					
TRH (días)	Dosis de EM (ml)	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
11 días	10 ml de EM	169,553	,307	168,908	170,199
	20 ml de EM	159,187	,307	158,541	159,832
	30 ml de EM	164,047	,307	163,401	164,692
22 días	10 ml de EM	146,070	,307	145,425	146,715
	20 ml de EM	134,157	,307	133,511	134,802
	30 ml de EM	128,660	,307	128,015	129,305
33 días	10 ml de EM	117,080	,307	116,435	117,725

20 ml de EM	110,897	,307	110,251	111,542
30 ml de EM	115,877	,307	115,231	116,522

Fuente: Elaboración propia.

En el presente apartado se puede observar que el mejor tratamiento fue el T6 con una concentración de 110,88 mL/L de STS, concluyendo que existe una dosis optima EM de 20 ml y un TRH de 33 días la cual es eficiente en la remoción de STS, siendo inferior al valor límite de 150 mL/L para STS garantizando el cumplimiento de los LMP; mientras que el tratamiento con menos eficiencia fue el tratamiento T1 para un TRH de 11 días y una dosis de 10ml donde se obtuvo una concentración de 169,553 mL/L, seguido el T7 11 días-30ml con 164,0467 mL/L y ultimo el T4 11 días-20ml con 159,1867 mL/L, los cuales no fueron eficientes y no cumplieron la normativa.

a. Decisión estadística:

De acuerdo al estadístico “ANOVA de dos factores”, se obtuvo la distribución de F de Fisher de 203.985 y un P valor de 0.000 el cual indica que es menor al nivel de significancia de (0.05); por lo tanto la interacción del factor Dosis Optima de EM por el TRH poseen un efecto estadísticamente significativo sobre las remociones de (STS mL/L), concluyendo que se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna de que existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de STS, obteniendo un concentración de 110,897 mL/L para 20 litros de agua residual de la PTAR Yauli 2021, ya que dicho valor se encuentra dentro del rango de 200 mg/L cumplimiento los LMP.

b. Conclusión estadística

Con un 95% de confianza, un nivel de significancia 0,05 y un F de Fisher de 203.99, se concluye que si existe una dosis optima de EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de STS, obteniendo una concentración de 110,897 mL/L para 20 litros de agua residual de la PTAR Yauli-Huancavelica, 2021, ya que dicho concentración se encuentra dentro del rango de 150 mL/L cumplimiento los LMP; asimismo la interacción de la dosis de EM de 10 ml y un TRH de 11 días tuvo una baja remoción de STS con concentración de 169,553 mL/L, seguido el T7 11 días-20ml con concentración de 164,047 mL/L y por último el T4 11 días-20ml con 159,1867 mL/L, estos datos indican que no cumple con los límites máximos permisibles (LMP).

4.3. Discusión de resultados

En este apartado se presentó las discusiones de los resultados obtenidos en base a los antecedentes considerados en el capítulo II de nivel internacional, nacional y local.

En este presente trabajo se evaluó la remoción de materia orgánica > al 50% para DBO, asimismo se obtuvo una dosis óptima de EMA de 20 ml con un TRH de 33 días que maximiza la remoción de materia orgánica con un valor promedio de 65.52%, la cual remueve mayor al 50% de DBO, mientras que el T1 con dosis de EMA de 10 ml y un TRH de 11 días no maximiza la remoción de materia orgánica con valor de 46.5%, seguido del T7 11días-30ml con valor de 47.5% y posteriormente del T4 11días-20ml con valor de 48.6%, las cuales remueven menores al 50% de DBO; coincidiendo con los resultados de Bazán & Nureña (2019) donde nos indica que hubo diferencias significativas al evaluar el efecto del tiempo y dosis de EM, obteniendo porcentajes de reducción de 86.12% de DBO con dosis de 10ml a los 33 días logrando obtener valores por debajo de los LMP; así también Espinoza y Zambrano (2019) presentó una mayor remoción de DBO con valor de 58.70 % las cuales presentaron valores significativos aceptando su hipótesis establecida; pero al contrario Nowell (2018) obtuvo porcentajes bajos de remoción de 21.42% para DBO con una dosis de 127 cm³ en los primeros días, la cual indicó que fue menor al 50% de remoción de materia orgánica; de igual manera Murillo (2018) señala un nivel de significancia menor a $P \leq 0,05$ y una reducción de carga orgánica de DBO al 61% con dosis EM de 20 ml a los 45 días, las cuales tuvieron valores mayores a los LMP; también Mamani y Chávez (2018) señala que hubo una efectiva remoción de materia orgánica siendo la mayor reducción de DBO un 78% de eficiencia cumpliendo la normativa y Robles (2019) señala que hubo remociones de DBO de 70% durante 7 días con dosis de 50 ppm, la cual indicó que la dosis y el tiempo influye en la disminución de carga orgánica.

En este presente trabajo se evaluó la remoción de materia orgánica > al 50% para DQO, asimismo se obtuvo una dosis óptima de EMA de 20 ml con un TRH de 33 días que maximiza la remoción de materia orgánica con un valor promedio de 66.88%, la cual remueve mayor al 50% de DQO, mientras que el T1 con dosis de EMA de 10

ml y un TRH de 11 días no maximiza la remoción de materia orgánica con 44,4%, seguido del T7 11días-30ml con valor de 46.3% y posteriormente del T4 11días-20ml con valor de 47.7%, las cuales remueven menores al 50% de DQO; coincidiendo con Espinoza y Zambrano (2019) señala que presentó una mayor remoción de DQO con valor de 56,97% las cuales presentaron valores significativos aceptando su hipótesis propuesta; pero al contrario Nowell (2018) obtuvo porcentajes bajos de remoción de 14.70% para DQO con una dosis de 212.5 cm³ en los primeros días, la cual indicó que fue menor al 50% de remoción de materia orgánica; de igual manera Murillo (2018) señala un nivel de significancia $P \leq 0,05$ y una reducción de carga orgánica de DQO al 78% con dosis EM de 20 ml a los 45 días, las cuales tuvieron valores mayores a los LMP; asimismo Noles (2016) indicó que obtuvo una máxima remoción de DQO con porcentaje de 98% para una dosis de 5ml/L durante 15 días cumpliendo los LMP y una mínima remoción de DQO con porcentaje de 27% para una dosis de 1ml durante 5 días.

En la presente investigación existe una dosis optima de EM de 20 ml y un tiempo de retención hidráulica de 33 días que maximiza la remoción de DBO con valor promedio de 83.21 mg/L en la PTAR Yauli, 2021, ya que dicho valor es más eficiente que los otros tratamientos e inferior al valor límite de 100 mg/L de los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, mientras que el tratamiento T1 para una dosis de EM de 10 ml y un TRH de 11 días no maximiza la remoción de DBO con valor promedio de 129,1mg/L, seguido del T7 11días-30ml con 126,817 mg/L, del T4 11días-20ml con 124,2 mg/L y ultimo el T2 22días-10ml con 105,3 mg/L, los cuales presentan concentraciones superiores a la norma. Dichos resultados coinciden experimentalmente con la investigación realizada por Bazán & Nureña (2019), donde existió una dosis optima de EM de 10ml y un tiempo de retención de 33 días que redujo las concentraciones de DBO a un valor de 44.43mg/L, así como también lo reporta Vásquez (2019) donde encontró una dosis de 10 ml y un tiempo de retención de 33 días, que redujo las concentraciones de DBO a un valor promedio de 89.9 mg/L, de igual forma Robles (2019) determino una dosis de 50 ppm (5%) y un tiempo de 7 días que disminuyo las concentraciones de DBO a un valor de 97.5 mg/L. Lo cual concuerda también con la investigación realizada por Mamani & Chávez (2018) , donde existió una dosis optima de EM de 4L y un tiempo de retención de 15 días que

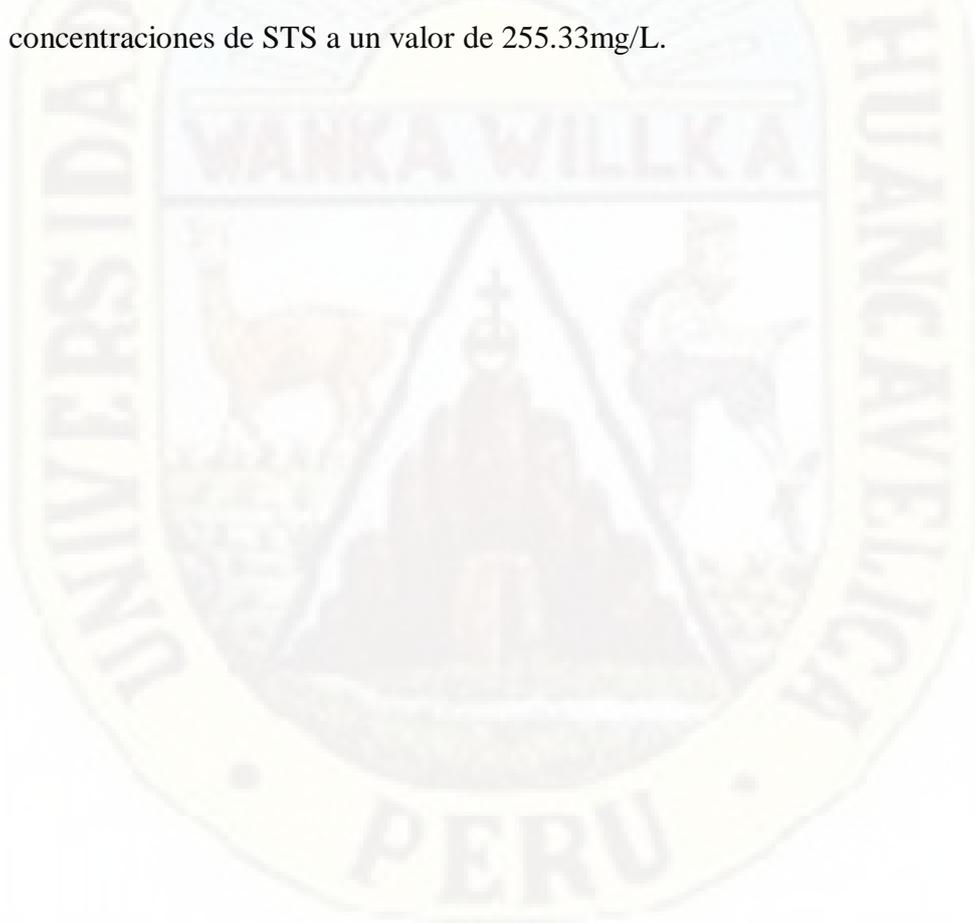
redujo las concentraciones de DBO a un valor de 39 mg/L. Asimismo, Vásquez A. (2017) en su trabajo de investigación, obtuvo una dosis optima de EM de 10 ml y un tiempo de retención de 4 meses que redujo las concentraciones de DBO de 460.5 a 30.83 mg/L, lo cual es inferior a 100 mg/L para las investigaciones mencionadas, garantizando de esta manera el cumplimiento del LMP para efluentes de PTAR; lo que contrasta con la investigación de Espinoza & Zambrano (2019), donde existió una dosis de EM del 2% y un tiempo de 7 días que redujo las concentraciones de DBO a un valor de 304 mg/L lo cual supero los límites máximos permisibles de España y por ello no existió eficiencia en los tratamientos.

En la presente investigación existe una dosis optima de EM de 20 ml y un tiempo de retención hidráulica de 33 días que maximiza la remoción de DQO con valor promedio de 108,2 mg/L en la PTAR Yauli, 2021, ya que dicho valor es más eficiente que los otros tratamientos e inferior al valor límite de 200 mg/L de los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, mientras que todos los tratamientos THR* Dosis maximizaron la remoción de DQO de manera menos eficiente, pero cumplieron con la normativa. Dichos resultados coinciden experimentalmente con la investigación realizada por Vásquez (2019), donde encontró una dosis de 10 ml y un tiempo de retención de 33 días, que redujo las concentraciones de DQO a un valor de 99.4 mg/L, lo cual es inferior a 200 mg/L garantizando de esta forma el cumplimiento del LMP, así como también lo reporta Canales & Sevilla (2016) en su trabajo de investigación, donde determino una dosis de 10 ml y un tiempo de retención 4 semanas, que redujo las concentraciones de DQO de 162 mg/L - 51,66 mg/L logrando remoción de 68,10%, garantizando el cumplimiento de la normativa peruana, de igual forma Gonzales & Quispe (2020) en su trabajo de investigación, determinó que existe una dosis de EM de 3 ml y un tiempo de retención de un mes que redujo las concentraciones de DQO a un valor de promedio de 44.75 mg/L lo cual equivale al 39.95% de remoción, que garantiza el cumplimiento del LMP para efluentes de PTAR y por ello se concluye que existe eficiencia en los tratamientos experimentales. Lo cual concuerda también con la investigación realizada por Noles (2016); donde determinaron una dosis optima de EM de 5ml/L para un tiempo de retención de 15 días, que disminuyo las concentraciones de DQO a un valor de 290mg/L, lo cual garantiza el cumplimiento de los límites de descarga a un cuerpo dulce, lo cual contrasta con la investigación de

Murillo (2018), donde existió una dosis de EM de 20 ml y un tiempo de retención de 45 días que disminuyó las concentraciones de DQO a un valor de 1180 mg/L, lo cual superó los LMP según el TULSMA, concluyéndose la deficiencia de los tratamientos; lo cual difiere también con la investigación de Noles (2016); donde determinaron una dosis óptima de EM de 5ml/L para un tiempo de retención de 15 días, que disminuyó las concentraciones de DQO a un valor de 290mg/L, lo cual superó los LMP para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y por ello no existió eficiencia en los tratamientos para los STS. Así como la investigación de Espinoza & Zambrano (2019), donde existió una dosis de EM del 2% y un tiempo de 7 días que redujo las concentraciones de DQO a un valor de 395 mg/L lo cual equivale al 56,97%. lo cual superó los límites máximos permisibles de España y por ello no existió eficiencia en los tratamientos.

En la presente investigación existe una dosis óptima EM de 20 ml y un TRH de 33 días que maximiza la remoción de STS con valor promedio de 110.9 mL/L en la PTAR Yauli, 2021, ya que dicho valor es inferior a los otros tratamientos y al valor límite de 150 mg/L de los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, mientras que el tratamiento T1 para una dosis de EM de 10 ml y un TRH de 11 días no maximiza la remoción de STS con valor promedio de 169,5 mL/L, seguido el T7 11días-30ml con 164,1 mL/L y por último del T4 11días-20ml con 159,2 mL/L, los cuales presentan concentraciones superiores a la norma, lo cual concuerda con la investigación realizada por Pontaza (2016), donde existió una dosis de EM de 10ml y un tiempo de 3 meses que redujo las concentraciones de STS a un valor de 98.2 mg/L, lo cual garantizó el cumplimiento de la norma ambiental, ya que se logró una eficiencia del 75.72%, así como también lo reporta Nowell (2018) en su trabajo de investigación, donde encontró una dosis de 127 ml(cm³) y un tiempo de 24 horas que redujo las concentraciones de STS a un valor promedio de 78bm³/L, lo cual garantizó el cumplimiento de la normativa ambiental de Guatemala; mientras que Valdez (2016) en su trabajo de investigación identificó una dosis de EM al 1% y un tiempo de retención de 3 meses que incrementó las concentraciones de STS a un valor de 357.48mg/L, lo cual superó los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, concluyendo que no existe eficiencia en los tratamientos para los STS, lo cual contrasta

también con Murillo (2018) en su trabajo de investigación, donde existió una dosis de EM de 20ml y un tiempo de 45 días que redujo las concentraciones de STS a un valor de 12084mg/L, lo cual supero los límites máximos permisibles según el TULSMA y por ello no existió eficiencia en los tratamientos; lo cual difiere también con la investigación de Beltrán & Campos (2016); donde determinaron una dosis de EM de 1L y un tiempo de retención de 60 días que disminuyó las concentraciones de STS de un valor inicial de 3142.22 a 1235.17 kg/d, lo cual supero los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Así como la investigación de Delgado (2019); donde determinaron una dosis de EM de 75ml y un tiempo de 39 días que disminuyó las concentraciones de STS a un valor de 255.33mg/L.



Conclusiones

Culminado con el presente proyecto de investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Existe una dosis óptima de microorganismos eficientes de 20 ml y un tiempo de retención hidráulica de 33 días que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50%, de 65.52% para el parámetro de DBO5 y de 66.68% para DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica, 2021.

Existe una dosis óptima de microorganismos eficientes de 20 ml y un tiempo de retención hidráulica de 33 días que maximiza la remoción de DBO5 con valor promedio de 83.2167 mg/L en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021, la cual fue menor a 100 mg/L.

Existe una dosis óptima de microorganismos eficientes de 20 ml y un tiempo de retención hidráulica de 33 días que maximiza la remoción de DQO con valor promedio de 108,193 mg/L en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021, la cual fue menor a 200 mg/L.

Existe una dosis óptima de microorganismos eficientes de 20 ml y un tiempo de retención hidráulica de 33 días que maximiza la remoción de STS con valor promedio de 110.896 mL/L en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021, la cual fue menor a 150 mL/L.

Recomendaciones

Si las concentraciones de los parámetros de DBO y DQO no dan resultados eficientes durante 1 mes al aplicar el tratamiento con los EMa, se recomienda repetir el tratamiento otra vez por un mes más.

Si se presencia descargas diarias en la PTAR, se recomienda realizar un mantenimiento durante 6 meses aplicando semanalmente 1L de EM activado para cada 1.000 L de efluente y del séptimo mes para adelante aplicar trimestralmente con la misma dosis.

Aplicar una dosis de microorganismos eficientes de 20 ml para un tiempo de 33 días, con la finalidad de obtener una mayor remoción de la materia orgánica en la PTAR Yauli, ya que garantiza el cumplimiento de los LMP del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y una eficiencia mayor al 50%.

Se recomienda realizar investigaciones con nuevas familias de bacterias benéficas para elaborar un nuevo consorcio de microorganismos eficientes, de manera que garanticen la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales.

No sobrepasar los 20 ml de dosis de EM, porque generaría resultados deficientes.

Poseer un presupuesto para la compra de este producto que ayudara a obtener un sistema de tratamiento eficiente.

Referencias bibliográficas

- Acción Contra el Hambre. (21 de Marzo de 2017). *Día Mundial del Agua: cómo afectan las aguas residuales a los refugiados*. Obtenido de <https://www.accioncontraelhambre.org/es/te-contamos/actualidad/dia-mundial-del-agua-como-afectan-las-aguas-residuales-los-refugiados>
- Acuña, S. (2015). *Tratamiento y disposición de aguas residuales de plantas de tratamiento de agua potable en Chile*.
- Al-Khalil, R., & Sutherland, J. (1997). *Filtration with a natural*.
- Ancalle, C., & Ledesma, W. (2020). *Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli-Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de ciencia e ingeniería*, 02(02), 42-45. Obtenido de <https://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>
- Authorized Manufacturer. (2016). *Microorganismos Eficaces (EM)*. Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón. Obtenido de http://emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). *Manual Práctico de Uso de EM: Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos* (01 ed.). BID ATN. Obtenido de https://emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf
- Banco Mundial. (31 de Diciembre de 2013). *Las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>
- Bazán, M. F., & Nureña, J. P. (2019). *Efecto del tiempo y dosis de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales de las pozas de oxidación de*

- Covicorti - Trujillo, 2019. (Tesis de pregrado), Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Trujillo-Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44314>
- Beltrán, T. R., & Campos, M. C. (2016). *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro de Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3461/Beltran%20Beltran-Campos%20Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Canales, H., & Sevilla, A. (2016). *Evaluación del uso de Microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domesticos residuales del distrito de Pátapo*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1092/BC-TES-5872.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Casas, J. (2017). Análisis univariable y bivariale. En *Investigación descriptiva: análisis de información* (pág. 13).
- Castán, Y. (2016). Introducción al método científico y sus etapas. En *Diplomado en Salud Pública* (págs. 1-6). Aragon. Obtenido de <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T00.pdf>
- Castro, R. (1995). *Accion Depuradora de algunas plantas acuaticas sobre las Aguas Residuales*. Centro de Investigacion Hidraulica y Facultad de.
- Chernicharo CA. (2013). *Reactores anaerobios. Principios del* (Vol. 5).
- Claros, J. (2012). *Estudio del proceso de nitrificacion u desnitrificacion via nitrito para el tratamiento biologico de corrientes de agau residual con lata carga de nitrogeno amoniacal*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Delgado, J. E. (2019). *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*. (Tesis de pregrado), Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7027>
- Díaz, C., & León, E. (2015). *Método Comparativo*. Monterrey: UANL.
- Diaz, H., & Caballero, J. (2015). *Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis Técnico, económico, ambiental en la ciudad de Iquitos*

- mediante el uso de *Super pro Designer V6-2015*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Dietrichson, A. (2019). *Métodos Cuantitativos*. bookdown.
- Droste, R. (2018). *Theory and Practice of water and Waste water Treatment*. New York: Jhon Wiley y Sons Inc.
- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado. (Marzo de 2016). *Estudio Tarifario: Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa municipal d agua potable y alcantarillado de Huancavelica S.A.C.* Obtenido de https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/emapa_huancavelica_proyectoET_042013.pdf
- Environmental Protection Agency. (1988). *How Wastewater Treatment Works. The Basics*. Obtenido de <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/bastre.pdf>
- Espigares, M., & Pérez, J. (1985). *Aguas Residuales: Composicion*. Universidad de Granada.
- Espinoza, M. L., & Zambrano, S. M. (2019). *Eficiencia de microorganismos (Saccharomyces sp, Lactobacillus spp, Rhodospseudomona spp) en el tratamiento de aguas residuales de la ESPAM MFL*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1215>
- Fernández, P., & Seghezzi, L. (2015). *Diseño de reactores Upflow Anaerobic*.
- Fernández, R., Hernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw.
- Fidias, A. G. (2012). *El proyecto de investigación* (Vol. 6ta Edición). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Editorial Episteme ,C.A. Obtenido de <https://es.slideshare.net/juancarlos777/el-proyecto-de-investigacion-fidias-arias-2012-6a-edicion>
- Franco, L., & Ricaurte, S. (2018). *Evaluación de uan celda de combustible microbiana para el tratamiento del agua residual del campus universitario Meléndez*.
- García, I., Betancort, J., Salas, J., Peñate, B., Pidre, J., & Sardón, N. (2006). *Guía sobre tratamiento de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población*. Centro de las nuevas tecnologías de agua. Obtenido de

- <https://www.cienciacanaria.es/files/Guia-sobre-tratamientos-de-aguas-residuales-urbanas-para-pequenos-nucleos-de-poblacion.pdf>
- Golec, A., Gonzales, P., & Lokare, C. (2006). Effective Microorganism: Myth or Reality. *Peru Biol*, 14(2), 315-319.
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio.
- Gonzales, E. M., & Quispe, R. C. (2020). *Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Huancavelica en el 2020*. Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3318?show=full>
- Guaman, L. (2015). *Evaluación de la eficiencia de microorganismos nativos en el tratamiento de pozas sépticas de una granja porcina dl cantón Piñas, provicnia El Oro,año 2015*. Universidad Internacional Sek. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Desktop/tesis%20noe/TESIS%20biorremediación/tesis%20oica%20micrrooganimos.pdf>
- Hanna instruments. (14 de Julio de 2014). *Demanda Química de Oxígeno y Materia Orgánica*. Obtenido de <http://www.hannaarg.com/blog/demanda-quimica-de-oxigeno-y-materia-organica/>
- Heriberto, E., Del Valle, C., & Benito, J. (2012). *Biotecnología y Bioseguridad en México*. Conacyt.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Hernández, S., Fernández, C., & Bautista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Higa, T., & Chinen, N. (24 de August de 1998). *EM Treatments of Odor, Waste Water, and Environment Problems*. Obtenido de http://www.scienzaegoverno.org/sites/default/files/file_attach/007_04EM.pdf
- Hooke, R. (1999). Introduction to Cell Biology Prokaryotes and Eukaryotes, 4. Obtenido de http://www.macollege.in/app/webroot/uploads/department_materials/doc_489.pdf

- Horsford, R., & Bayarre, H. (2007). Metodología de la Investigación Científica. En *son aquellos desarrollados dentro de una rama* (pág. 53).
- Instituto Nacional de Calidad. (s.f.). *Directorio de Laboratorios de Ensayo Acreditados*. Obtenido de [https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/4/jer/acreditados/files/LAB.%20DE%20ENSAYO%2FDirectorio-de-Laboratorios-de-Ensayo-Rev.699-\(25%20marzo-2021\).pdf](https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/4/jer/acreditados/files/LAB.%20DE%20ENSAYO%2FDirectorio-de-Laboratorios-de-Ensayo-Rev.699-(25%20marzo-2021).pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Perfil Sociodemográfico del Perú Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
- Jiménez, R. (1998). *Metodología de la investigación: Elementos básicos para la investigación clínica*. La Habana: Ciencias Médicas.
- Kelly, & Reynolds. (setiembre/octubre de 2002). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica*. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/10/Tratamiento-aguas-residuales-Latinoamerica.pdf>
- Llanco, R. (2018). *N°009-2018-GDEy SC-SGRR.SS-MDY/HVCA: Informe del diagnostico situacional actual de la planta de tratamiento de aguas residuales*. Municipalidad distrital de Yauli.
- Mamani, N. T., & Chavez, R. D. (2018). *Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en agua residuales domésticas - Puno,2018*. (Tesis de pregrado), Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Juliaca. Obtenido de <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1665>
- Marin, J. (2016). *Análisis de varianza factorial. El procedimiento Modelo lineal general: Univariante*.
- Martínez, R., & Rodríguez, E. (2016). *Manual de Metodología de la Investigación Científica*.
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización* (3era ed., Vol. 1). McGraw-Hill.

- Metcalf, L. (2015). *Microbiología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales*.
Obtenido de <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2006). *Norma OS.090, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
Obtenido de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Domésticas o Municipales*. Obtenido de <https://www.gob.pe/vivienda>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM .- Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Tratamiento de aguas residuales*. Lima: MINAM.
- Miyashiro, G., & Meggs, J. (2007). *Medición del efecto de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) en la generación de gas metano (CH₄) en los sistemas biodigestores a escala*. Universidad de Costa Rica.
- Montaño, N., Sandoval, A., Camargo, S., & Sánchez, J. (2010). Los Microorganismos: pequeños gigantes. *Redalyc*, 17(77), 15-23. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>
- Municipalidad Distrital de Yauli. (2017). *Plan de desarrollo local concertado-Yauli 2021*. Obtenido de <http://www.muniyauli.gob.pe/docgestion/PDLC-2021.pdf>
- Murillo, D. C. (2018). *Eficiencia del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de aguas residuales de las queserías artesanales de Quimiag*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba.
Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/10156>
- Naciones Unidas. (2015). *Impacto Ambiental de la contaminación Hidrica producida por la refineria estatal Esmeraldas*. Comision Economica para Amrica Latina y El Caribe.
- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Ediciones de la U.
- Noles, P. (2016). *Determinación de la dosis de Eficiencia in Vitro de Microorganismos (EM) en aguas residuales de lagunas de oxidación de la Ciudad de Calceta*

- Bolivar - Manabí*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35514>
- Nowell, G. (2018). *Evaluación de microorganismos efectivos (ME), para aplicación en aguas residuales de la planta de tratamiento "CHICHORIN", diagnóstico y servicios en el Municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala, C.A.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10005/>
- Openbiblio. (2013). *Efecto toxico que tienen los lixiviados sobre la población bacteriana en reactores de lodos activados.* Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021318/03TextoCompleto.pdf>
- Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento. (2015). *EMAPA Huancavelica informe final de evaluación.* Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/otass/normas-legales/1091397-029-2020-otass-0a>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura . (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado.*
- Organización Mundial de la salud. (Febrero de 2017). *Agua, saneamiento e higiene.* Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/es/
- Paredes, J. (2016). *Importancia del agua.* Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Pérez, F., & Urrea, M. (2011). *Abastecimientos de agua. Tema 6 – Coagulación y floculación.* Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Ingeniería de Caminos y de Minas: <https://sswm.info/index.php/es/node/11641>
- Pineda, E., Alvarado, E., & Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud.* Washington: Organización Panamericana de la Salud.
- Pontaza, J. (21 de mayo de 2016). Eficiencia de microorganismos efectivos (ME) al aplicarlos en la planta de aguas residuales San Cristobal, Mixto, Guatemala.

- Revista Científica Agua, Saneamiento y Ambiente*, 11(1), 1-5. Obtenido de <http://www.revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/rcasa/article/view/992>
- Ramírez, A. (1996). *Metodología de la Investigación Científica*. Javeriana.
- Ramírez, E. (2004). Capítulo II Fundamentos del proceso de lodos activados. En *Fundamentos teóricos de lodos activados y aereación extendida*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS_2004/CapituloII/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf
- Research Organization of efficient microorganisms. (2014). *Guía de la Tecnología de EM*. Producción y Tecnología S.A.
- Richar, F. (2014). *Pruebas Estadísticas*. Obtenido de Scientific European Federation of Osteopaths: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/quienes-somos/>
- Robles, F. (2019). *Influencia de la concentración de microorganismos eficaces y el tiempo de retención hidráulico en la remoción de materia orgánica del agua residual del Distrito de Sapallanga*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Química, Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5978>
- Rodríguez, A., & Pérez, J. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento . *EAN*, 22.
- Rojas, R. (2002). *Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales*. Cepis/OPS-OMS.
- Romalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Reberte S.A.
- Romero, M. (2016). *Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal* (Vol. 6).
- Sancho, M. (27 de Abril de 2016). *Microbiología Básica(I): El Mundo Invisible*. Recuperado el 23 de Febrero de 2021, de All you need is Biology: <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2016/04/27/que-son-los-microorganismos/>
- Sperling, M. (2015). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal* (Vol. 6). Water Intelligence Online. doi:<https://doi.org/10.2166/9781780402086>
- Sperling, M. (2017). *Wastewater characteristics, tretment and Disposal* (Vol. 1). The international water association.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2016). *Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del*

- Perú y propuestas de solución*. Lima: RyF Publicaciones y Servicios S.A.C.
Obtenido de https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf
- Supo, J. (2013). *Cómo validar un instrumento – La guía para validar un instrumento en 10 pasos*. Lima: Copyright.
- Tchobanoglous, C. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas*. Colombia: McGraw Hill.
- Tenorio, B. (1998). *Técnicas de investigación documental*. Trillas.
- Universidad del Sur de Chiapas. (2014). *Técnicas de Investigación Educativa*.
Obtenido de <https://sites.google.com/site/tecnicasdeinvestigaciond38/metodos-estadisticos>
- Valdez, A. (2016). *Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Chucuito*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>
- Vásquez, A. (2017). *Determinación del efecto de los microorganismos eficientes para la remoción del valor de la DBO en las aguas residuales domésticas de la localidad de Japelacio - 2016*. (Tesis de posgrado), Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Facultad de Ecología, Moyobamba. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2377>
- Vásquez, C. D. (2019). *Efecto de los microorganismos eficientes en la disminución de la demanda biológica de oxígeno del agua residual domésticas Dren 3100*. (Tesis de pregrado), Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Chiclayo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38036>
- Volcy, C. (2007). Historia de los conceptos de causa y enfermedad: paralelismo entre la Medicina y la Fitopatología. *Latreia*, 20(4), 407-421. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/view/4424/3930>
- Wikipedia. (16 de Febrero de 2021). *Microorganismos efectivos*. Recuperado el 21 de Febrero de 2021, de *Microorganismos efectivos*: https://es.wikipedia.org/wiki/Microorganismos_efectivos

Apéndice

Apéndice 1: *Matriz de Consistencia*

Para evaluar e identificar la coherencia y la conexión lógica, entre los elementos que conformaron el desarrollo del presente trabajo de investigación, se utilizara como herramienta principal la matriz de consistencia. En el cuadro que se mostrará a continuación, se encuentra los elementos claves que englobaron el desarrollo del proyecto.



Tabla 40

Matriz de consistencia

Matriz de consistencia						
Titulo: “Evaluación de Remoción de Materia Orgánica con Microorganismos Eficientes en La Planta De Tratamiento Yauli- 2021”						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables (Bivariable)	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema General ¿Cuál es la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021?</p>	<p>Objetivo General Determinar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021</p>	<p>Hipótesis general Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de la materia orgánica con una eficiencia mayor a un 50 % en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021</p>	<p>existe</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Microorganismos eficientes (EM)</p>	<p>• Dimensión</p> <p>Dosis óptima</p> <p>de</p> <p>Tiempo Retención Hidráulica</p>	<p>Indicador</p> <p>✓ 10ml</p> <p>✓ 20ml</p> <p>✓ 30ml</p> <p>✓ 11 días</p> <p>✓ 22 días</p> <p>✓ 33 días</p>	<p>• Enfoque de investigación Cuantitativa</p> <p>• Tipo de investigación Aplicada</p> <p>• Nivel de investigación Explicativa</p> <p>• Diseño de investigación Experimental puro y factorial</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>• ¿Cuál es la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO₅ en la planta de tratamiento de</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>• Estimar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO₅ en la planta de tratamiento de</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>• Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DBO₅ en la planta de tratamiento de</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p>	<p>• Dimensión</p> <p>DQO</p>	<p>Indicador</p> <p>Porcentaje de remoción</p>	<p>• Método de investigación</p> <p>La investigación corresponde a un método científico sistemático, a un método general</p>

aguas residuales del distrito de Yauli, 2021?	aguas residuales del distrito de Yauli, 2021.	aguas residuales del distrito de Yauli, 2021	Remoción de materia orgánica	DBO ₅	Porcentaje de remoción	empírico (observación, medición y experimentación) y teórico (análisis y síntesis, hipotético-deductivo, y comparativo).	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de DQO en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021. 	VARIABLE INTERVINIENTE	SST	Porcentaje de remoción		<ul style="list-style-type: none"> • Población Volumen de agua residual • Muestra 20l /tratamiento • Técnica Fichaje, observación y medición • Prueba de hipótesis ANOVA de 2 factores • Significancia El nivel de significancia es de un 5%
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de SST en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimar la dosis optima de microorganismos eficientes y tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de SST en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una dosis optima de microorganismos eficientes y un tiempo de retención hidráulica que maximiza la remoción de SST en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli, 2021 		Parámetro fisicoquímico	pH		
					Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Relación de grados de calor ✓ Mínima ✓ Máxima 	

Apéndice 2: Resultado de los parámetros de DBO, DQO y STS de cada testigo

Parámetros	TRH (días)	Testigo código	Testigo		LMP
			Resultado	Remoción (%)	
DBO5 (mg/L)	11 días	MT-1	218.83	9.34%	100 (mg/L)
			218.54	9.46%	
			218.30	9.56%	
	22 días	MT-2	220.97	8.45%	
			221.24	8.34%	
			221.36	8.29%	
	33 días	MT-3	224.74	6.89%	
			225.01	6.78%	
			224.93	6.81%	
			295.80	9.45%	
DQO5 (mg/L)	11 días	MT-1	295.08	9.67%	200 (mg/L)
			296.03	9.38%	
			299.07	8.45%	
	22 días	MT-2	298.94	8.49%	
			299.52	8.31%	
			302.69	7.34%	
	33 días	MT-3	303.12	7.21%	
			301.97	7.56%	
			295.33	8.45%	
			295.65	8.35%	
SST (mL/L)	11 días	MT-1	294.56	8.69%	150 (mL/L)
			296.82	7.99%	
			297.30	7.84%	
	22 días	MT-2	296.94	7.95%	
			302.20	6.32%	
			301.78	6.45%	
	33 días	MT-3	302.56	6.21%	

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 3: Resultado de los parámetros de PH y temperatura

VARIABLE INTERVINIENTE			
pH	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
	7.26	6.42	8.28
TEMPERATURA (°C)	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
	14.67	11.56	16.48

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 4: Activación de los microorganismos eficientes-(calentamiento del agua destilada a 35°C)



Apéndice 5: Proceso de EM activado (Mezcla de melaza más agua y calentamiento a temperatura de 60 °C por 20 minutos)



Apéndice 6: Proceso de EM activado (Mezcla del EM-agua+ agua destilada caliente+ melaza, en un envase)



Apéndice 7: *Proceso de EM activado (Proceso de fermentación en la incubadora a 30°C)*



Apéndice 8: *Proceso de EM activado (verificación del pH y color del EM activado)*



Apéndice 9: *Reconocimiento del área de estudio (cámara de rejas, desarenador, sedimentador y componentes de PTAR)*



Apéndice 10: *Reconocimiento del punto de descarga del sedimentador*



Apéndice 11: *Calibración del multiparámetro con agua destilada*



Apéndice 12: *Medición de los parámetros de campo de la muestra patrón*



Apéndice 13: *Acondicionamiento de los baldes experimentales, en los cuales se vertió el agua residual procedentes del efluente del desarenador de la PTAR-Yauli, con la ayuda de una soga*



Apéndice 14: *Etiquetado de los baldes experimentales*



Apéndice 15: Tratamiento experimental



Apéndice 16: Envase que contiene los EM activados



Apéndice 17: Midiendo las dosificaciones de EM activado



Apéndice 18: *Inoculación de 10, 20 y 30 ml de EM para los tres tratamientos para la primera repetición (TRH:11días)*



Apéndice 19: *Inoculación de 10, 20 y 30 ml de EM para los tres tratamientos para la segunda repetición (TRH:22días)*



Apéndice 20: *Inoculación de 10, 20 y 30 ml de EM para los tres tratamientos para la tercera repetición (TRH:33días)*



Apéndice 21: *Recipientes para la toma de muestras*



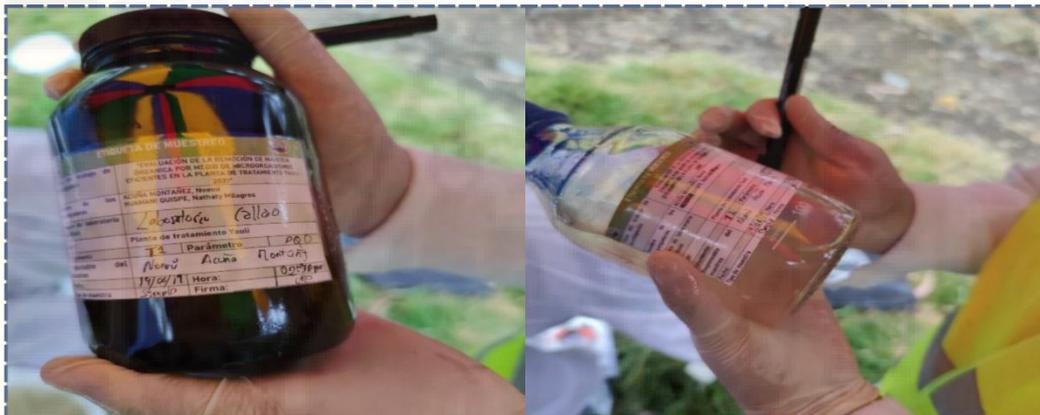
Apéndice 22: *Recolección de muestras del parámetro de DBO, DQO y STS para la primera repetición de la unidad experimental (TRH:11 días)*



Apéndice 23: Preservación con ácido sulfúrico (H_2SO_4) hasta un $pH < 2$ para el parámetro de DQO



Apéndice 24: Etiqueta y rotulado de las muestras de la primera repetición experimental (TRH: 11 días)



Apéndice 25: Llenado de la cadena de custodia de la de la primera repetición experimental (TRH: 11 días)



Apéndice 26: *Conservación y transporte de las muestras de la primera repetición experimental (TRH:11dias)*



Apéndice 27: *caja de almacenamiento térmica (coolers)*



Apéndice 28: *Multiparámetro digital*



Apéndice 29: *Recolección de muestras del parámetro de DBO, DQO y STS para la segunda repetición de la unidad experimental (TRH:22 días)*



Apéndice 30: *Etiqueta y rotulado de las muestras de la segunda repetición experimental (TRH:22 días)*



Apéndice 31: *Llenado de la cadena de custodia de la segunda repetición experimental (TRH:22 días)*



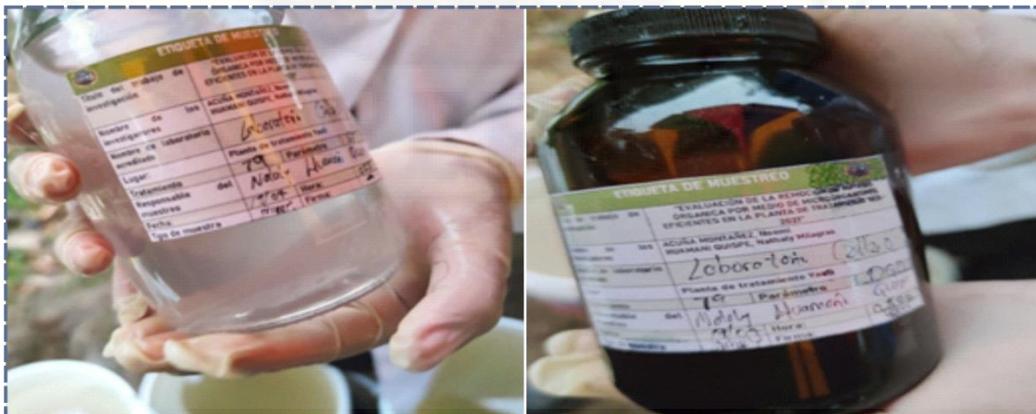
Apéndice 32: *Medición de los parámetros de campo de la segunda repetición experimental (TRH:22 días)*



Apéndice 33: *Recolección de muestras del parámetro de DBO, DQO y STS para la Tercera repetición experimental (TRH:33 días)*



Apéndice 34: *Etiqueta y rotulado de las muestras de la Tercera repetición experimental (TRH:33 días)*



Apéndice 35: Llenado de la cadena de custodia de la de la Tercera repetición experimental (TRH:33 días)



Apéndice 36: Conservación y transporte de las muestras de la Tercera repetición experimental (TRH:33 días)



Apéndice 37: Medición de los parámetros de campo de la Tercera repetición experimental (TRH:33 días)



Apéndice 41: Cadena de custodia visado de la tercera repetición experimental

SGS

Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 2883, Callao 1
Telfax: 051 571 500
E-mail: labcallao@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Barranca Quevedo N° 273, Arequipa Industrial
Telfax: 052 232688
E-mail: labarequipa@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Andrés Bello N° 205, Barranca Sullana
Telfax: 053 867722
E-mail: labcajamarca@sgs.com

871 200078

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

ZONA DEL CLIENTE		PARTICULAR		ANÁLISIS REQUERIDOS / PRESERVANTES										TIPOS DE AGUA	
Cliente: NORCA Agua Purificada Domicilio: 950161001 Teléfono: 051 980 431 100 Email: PERU@norca.com Proyecto: PERU@norca.com Lugar de Imposición: Dist. - / Lima		Nombre Social: NORCA Agua Purificada RUC: 20100000000 Dirección: 950161001 Correo: PERU@norca.com Teléfono: 051 980 431 100 Representante por: SGS		Análisis requeridos / Preservantes: (Grid area with handwritten notes: <i>Programa de Agua Purificada, Agua de Consumo, Agua Purificada en Superficie</i>)										TIPOS DE AGUA AGUA POTABLE: <input type="checkbox"/> AP - Agua potable AGUA DE REGADERA: <input type="checkbox"/> AR - Agua de regadera AGUA DE FREGADERA: <input type="checkbox"/> AF - Agua de fregadero AGUA DE LAVADO: <input type="checkbox"/> AL - Agua de lavado AGUA DE COCINA: <input type="checkbox"/> AC - Agua de cocina AGUA DE BAÑO: <input type="checkbox"/> AB - Agua de baño AGUA DE LAVAJE: <input type="checkbox"/> AV - Agua de lavaje AGUA DE LAVAJE DE PISOS: <input type="checkbox"/> APL - Agua de lavaje de pisos AGUA DE LAVAJE DE PARED: <input type="checkbox"/> APLP - Agua de lavaje de pared AGUA DE LAVAJE DE PUERTAS: <input type="checkbox"/> APLP - Agua de lavaje de puertas AGUA DE LAVAJE DE VENTANAS: <input type="checkbox"/> APLV - Agua de lavaje de ventanas AGUA DE LAVAJE DE PUERTAS Y VENTANAS: <input type="checkbox"/> APLPV - Agua de lavaje de puertas y ventanas AGUA DE LAVAJE DE PUERTAS Y VENTANAS Y PISOS: <input type="checkbox"/> APLPVP - Agua de lavaje de puertas y ventanas y pisos AGUA DE LAVAJE DE PUERTAS Y VENTANAS Y PISOS Y PARED: <input type="checkbox"/> APLPVP - Agua de lavaje de puertas y ventanas y pisos y pared	
Comentarios: NORCA Agua Purificada Dirección: 950161001 Teléfono: 051 980 431 100 Email: PERU@norca.com		Fecha de Emisión: 20/08/2011 Hora de Emisión: 10:00 AM		Fecha de Recepción: 20/08/2011 Hora de Recepción: 12:15 PM										Observaciones:	
Orden	Etiqueta	Concentración LTR (ppm)	Unidad	Tipo de Agua	Tipo de Solicitud	Fecha	Hora	N°	Preservante	✓	✓	✓	✓	✓	✓
01	T3-R1-10m	1.5	333	ARD	✓	20/08/11	10:20	2	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02	T3-R1	0	4	ARD	✓	20/08/11	10:25	3		✓	✓	✓	✓	✓	✓
03	T3-R2	4	4	ARD	✓	20/08/11	10:30	3		✓	✓	✓	✓	✓	✓
04	T6-R1-20m	4	4	ARD	✓	20/08/11	10:40	2	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05	T6-R1	4	4	ARD	✓	20/08/11	10:43	3		✓	✓	✓	✓	✓	✓
06	T6-R2	4	4	ARD	✓	20/08/11	10:50	3		✓	✓	✓	✓	✓	✓
07	T9-R1-20m	4	4	ARD	✓	20/08/11	11:00	2	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08	T9-R1	4	4	ARD	✓	20/08/11	11:03	3		✓	✓	✓	✓	✓	✓
09	T9-R2	4	4	ARD	✓	20/08/11	11:10	3		✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	T1-R3	4	4	ARD	✓	20/08/11	12:00	2	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nombre del Cliente: NORCA Agua Purificada Fecha: 20/08/2011				N° de Custodias: 3 N° de Muestras: 6		Fecha de Emisión de la Muestra: 21/08/11 Hora: 11:00 AM		Observaciones de la Recepción de las Muestras: Comentarios en que se desviaron de las normas: (Grid area with handwritten notes and signatures)							

SGS del Perú S.A.C. CALLAO
7-1-AUG-2011
RECIBIDO
Data Center - EHS

Apéndice 42: Certificado de acreditación del laboratorio SGS por INACAL

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a

SGS DEL PERÚ S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Elmer Faucett N° 3348 Urb. Bocanegra, distrito de Callao, Provincia Constitucional del Callao - departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir **Informes de Ensayo** con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-17 F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 29 de diciembre de 2017
Fecha de Vencimiento: 28 de diciembre de 2021


JUANA HIDALGO MURRIETA
Directora de Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 10457-2 O1/INACAL-DA
Contrato N° : 046-20-17/INACAL-DA
Registro N° : 1E-002

Fecha de emisión: 04 de enero de 2018

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y código de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.org.pe/acreditacion los días acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-GIP-02M Ver. C32

Apéndice 43: Resultados de los parámetros de DBO, DQO y STS de la primera repetición experimental del laboratorio “SGS del Perú SAC-Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-002”



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL – DA CON REGISTRO N° LE- 002**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2020363 Rev. 0**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
JR. VICTORIA GARMA N° 330 Y JR. HIPÓLITO UNÁNUE N° 209

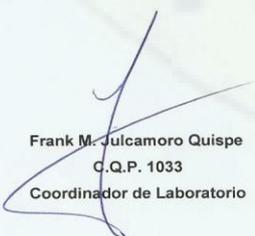
ENV / LB -362631 – 002

PROCEDENCIA : PTAR - YAULI

Fecha de Recepción SGS : 30-07-2021
 Fecha de Ejecución : Del 30-07-2021 al 06-08-2021
 Muestreo realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
T1 M11-10ml
Repetición 1
Repetición 2
T4 M11-20ml
Repetición 1
Repetición 2
T7 M11-30ml
Repetición 1
Repetición 2
MT-1
Repetición 1
Repetición 2

Emitido por SGS del Perú S.A.C.
 Impreso el 07/08/2021



Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio



Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio - Microbiología

SGS del Perú S.A.C

Av. Emer Faucett 3348 Calla 1
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Página 1 de 4

Miembro del Grupo SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL – DA CON REGISTRO N° LE-002
INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL



Registro N° LE-002

MA2020293 Rev. 0

IDENTIFICACION DE MUESTRA	LD	LC	LD	LC	LD	LC	LD	LC	LD	LC
FECHA DE MUESTREO										
HORA DE MUESTREO										
CATEGORIA										
SUB CATEGORIA										
Parametro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3
Análisis Fisicoquímicos										
Sólidos Totales Disueltos	EW_APH4A2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	169.88	169.52	169.28	159.13	159.49	159.94
Demanda Biológica de Oxígeno	EW_APH4A52108	mg/L	1	2,6	129.52	129.96	128.77	124.45	124.16	123.90
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH4A5220D	mgO ₂ /L	1,8	4,5	181.79	181.14	181.89	170.69	171.11	170.72

IDENTIFICACION DE MUESTRA	LD	LC	LD	LC	LD	LC	LD	LC	LD	LC
FECHA DE MUESTREO										
HORA DE MUESTREO										
CATEGORIA										
SUB CATEGORIA										
Parametro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3
Análisis Microbiológicos										
Sólidos Totales Disueltos	EW_APH4A2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	164.13	163.78	164.23	295.33	295.65	294.56
Demanda Biológica de Oxígeno	EW_APH4A52108	mg/L	1	2,6	127.11	126.50	126.84	218.83	218.54	218.30
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH4A5220D	mgO ₂ /L	1,8	4,5	175.29	175.72	174.93	295.80	295.08	296.03

“Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentra dentro de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC ”

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que puede encontrarse en la página www.sgs.com. SGS es responsable de la información contenida en este informe de ensayo, pero no es responsable de la información contenida en otros documentos o en otros informes de ensayo que se refieran a este informe de ensayo. Los resultados del informe de ensayo solo son válidos para la(s) muestra(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Agosto 2021.

SGS del Perú S.A.C.
MBCOQ Elizabet Y Capurri España
Coordinador de Calidad
Lab. Microbiología
CIP 8508

SGS del Perú S.A.C.
Olimpio Parodi, J. Mestres, J. C. Cordero
Coordinador de Calidad
CIP 1003

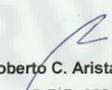
SGS del Perú S.A.C

Av. Emer Faurci 3348 Calle 1
Ernesto Guzmán 275 Parque Industrial
Jr. Armado Márquez Ba. San Antonio

Calleo Arequipa
1 (811) 517 1900 www.sgs.pe
1 (054) 218 506 e fr.servicios@sgs.com
1 (076) 380 092

Miembro del Grupo SGS

Apéndice 44: Resultados de los parámetros de DBO, DQO y STS de la segunda repetición experimental del laboratorio “SGS del Perú SAC-Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-002”

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE- 002	 <small>Registro N° LE - 002</small>													
INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA2020391 Rev. 0															
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA JR. VICTORIA GARMA N° 330 Y JR. HIPÓLITO UNÁNUE N° 209															
ENV / LB -362631 – 003															
PROCEDENCIA : PTAR - YAULI															
<p>Fecha de Recepción SGS : 10-08-2021</p> <p>Fecha de Ejecución : Del 10-08-2021 al 16-08-2021</p> <p>Muestreo realizado Por : CLIENTE</p>															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Estación de Muestreo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">T2 M22-10ml</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">T5 M22-20ml</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">T8 M22-30ml</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">MT-2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Repetición 2</td></tr> </tbody> </table>			Estación de Muestreo	T2 M22-10ml	Repetición 1	Repetición 2	T5 M22-20ml	Repetición 1	Repetición 2	T8 M22-30ml	Repetición 1	Repetición 2	MT-2	Repetición 1	Repetición 2
Estación de Muestreo															
T2 M22-10ml															
Repetición 1															
Repetición 2															
T5 M22-20ml															
Repetición 1															
Repetición 2															
T8 M22-30ml															
Repetición 1															
Repetición 2															
MT-2															
Repetición 1															
Repetición 2															
<p>Emitido por SGS del Perú S.A.C.</p> <p>Impreso el 17/08/2021</p>															
 Frank M. Julcamoro Quispe C.Q.P. 1033 Coordinador de Laboratorio	 Roberto C. Arista Gonzales C.B.P. 6085 Supervisor de Laboratorio - Microbiología														
Página 1 de 4															
SGS del Perú S.A.C	Av. Emer Faucett 3348 Calla 1 Ernesto Günther 275 Parque Industrial Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio	Callao t(511) 517 1900 www.sgs.pe Arequipa t(054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com Cajamarca t(076) 366 092													
Miembro del Grupo SGS															

Apéndice 45: Resultados de los parámetros de DBO, DQO y STS de la tercera repetición experimental del laboratorio “SGS del Perú SAC-Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-002”



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL – DA CON REGISTRO N° LE- 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2020402 Rev. 0**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
JR. VICTORIA GARMA N° 330 Y JR. HIPÓLITO UNÁNUE N° 209

ENV / LB -362631 – 004

PROCEDENCIA : PTAR - YAULI

Fecha de Recepción SGS : 21-08-2021
 Fecha de Ejecución : Del 21-08-2021 al 27-08-2021
 Muestreo realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
T3 M33-10ml
Repetición 1
Repetición 2
T6 M33-20ml
Repetición 1
Repetición 2
T9 M33-30ml
Repetición 1
Repetición 2
MT-3
Repetición 1
Repetición 2

Emitido por SGS del Perú S.A.C.
 Impreso el 28/08/2021



Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio



Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio - Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C

Av. Emer Faucett 3348 Calla 1
 Ernesto Günther 275 Parque Industrial
 Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
 Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
 Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Apéndice 46: Documento de validación del instrumento n°1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por la Ley 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR
CRITERIO DE JUECES



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Cayllahua Ramos Madyori
 1.2. Cargo o institución donde labora: Dirección de vivienda y saneamiento
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de los parámetros de campo
 1.4. Autor de instrumento: Noemi, ACUÑA MONTAÑEZ y Nathaly Milagros, HUAMANI QUISPE

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				X	
6. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su método científico.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realizar el conteo de cada una de las categorías)		↓	↓	↓	↓	↓
		A	B	C	D	E
					12	25

Coefficiente de validez = $1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E = \frac{47}{50} = 0.94 = 94\%$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado	[0,00-0,60]
Observado	<0,60-0,70]
Aprobado	<0,70-1,00]

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

Instrumento aplicable
 Lugar: Huancavelica 20 de Junio del 2021

Ing. Madyori Mónica Cayllahua Ramos
 Asesora Técnica en AEB - DRYCS - INCA
 FIRMA

Apéndice 47: Documento de validación del instrumento n°2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por la Ley 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR
CRITERIO DE JUECES



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ina Ramos Gómez Edith Yuliza
 1.2. Cargo o institución donde labora: Gobierno Regional de Huancavelica
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de los parámetros de campo
 1.4. Autor de instrumento: Noemí, ACUÑA MONTAÑEZ y Nathaly Milagros, HUAMANI QUISPE

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				X	
6. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su método científico.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realizar el conteo de cada una de las categorías)					28	15
		A	B	C	D	E

Coefficiente de validez = $1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E = \frac{43}{50} = 0,86 = 86\%$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado <input type="radio"/>	[0,00-0,60]
Observado <input type="radio"/>	<0,60-0,70]
Aprobado <input checked="" type="radio"/>	<0,70-1,00]

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

Instrumento Aprobado
Lugar: Huancavelica 20 de Junio del 2021


FIRMA

Apéndice 48: Documento de validación del instrumento n°3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
(Creada por la Ley 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR
CRITERIO DE JUECES



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ina. Gonzales Carhuapoma Lybeth Tania
 1.2. Cargo o institución donde labora: Municipalidad Pucínac de Huancavelica
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de los parámetros de campo
 1.4. Autor de instrumento: Noemi, ACUÑA MONTAÑEZ y Nathaly Milagros, HUAMANI QUISPE

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				X	
6. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su método científico.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y científicos					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realizar el conteo de cada una de las categorías)					20	25
		A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de validez} = 1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E = \frac{45}{50} = 0.9 = 90\%$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado <input type="radio"/>	[0,00-0,60]
Observado <input type="radio"/>	<0,60-0,70]
Aprobado <input checked="" type="radio"/>	<0,70-1,00]

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

Instrumento aplicable
 Lugar: Huancavelica 20 de Junio del 2021


 FIRMA

Apéndice 49: Ficha de recolección de datos de los parámetros de campo

Ficha de recolección de datos de los parámetros de campo									
Título del trabajo de investigación		"EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA POR MEDIO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO YAULI-2021"							
Nombre de los investigadores		Bach. ACUÑA MONTAÑEZ, Noemi Bach. HUAMANI QUISPE, Nathaly Milagros							
Institución		Universidad Nacional De Huancavelica							
Lugar:		Planta de Tratamiento Yauli (Costado del Sedimentador)							
Equipo:		Multiparámetro digital							
Tratamiento	pH	T (°C)	Fecha	Hora	Tratamiento	pH	T (°C)	Fecha	Hora
PATRÓN-PTAR-01	6.81	11.56	18/07	10:15	T6 33días-20ml	7.15	15.14	20/08	10:10
PATRÓN-R1	6.85	11.62	18/07	10:18	T6-R2	7.22	15.17	20/08	10:45
PATRÓN-R1	6.78	11.51	18/07	10:24	T6-R1	7.18	15.10	20/08	10:49
T1 11días-10ml	6.90	13.72	29/07	11:15	MTestigo-2	6.52	15.06	09/08	11:30
T1-R1	6.92	13.76	29/07	11:18	M2-R1	6.58	15.12	09/08	11:34
T1-R2	6.94	13.74	29/07	11:22	M2-R2	6.60	15.18	09/08	11:39
T2 22días-10ml	7.96	16.14	29/07	10:50	T7 11días-30ml	6.85	14.62	29/07	12:20
T2-R1	7.90	16.18	9/08	10:33	T7-R1	6.89	14.58	29/07	12:24
T2-R2	7.95	16.10	9/08	10:36	T7-R2	6.86	14.65	29/07	12:29
T3 33días-10ml	7.56	14.09	9/08	10:32	T8 22días-30ml	7.95	16.44	09/08	11:05
T3-R1	7.60	14.12	20/08	10:18	T8-R2	7.92	16.48	09/08	11:08
T3-R2	7.58	14.08	20/08	10:22	T8-R1	7.98	16.45	09/08	11:15
MTestigo-1	6.42	13.11	20/08	12:40	T9 33días-30ml	8.22	15.28	20/08	11:00
M1-R1	6.44	13.19	29/07	12:45	T9-R1	8.25	15.32	20/08	11:05
M1-R2	6.43	13.21	29/07	11:50	T9-R2	8.28	15.36	20/08	11:12
T4 11días-20ml	7.02	14.55	29/07	12:05	MTestigo-3	6.98	14.52	29/08	11:30
T4-R1	7.04	14.58	29/07	12:07	M3-R1	6.85	14.55	20/08	11:33
T4-R2	7.03	14.50	29/07	12:10	M3-R2	6.86	14.50	20/08	11:35
T5 22días-20ml	7.80	15.4	09/08	10:45					
T5-R1	7.75	15.17	09/08	10:48					
T5-R2	7.72	15.20	09/08	10:50					