



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU
INFLUENCIA CON EL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA
EN LA CALIDAD DE AGUA DE LA PTAR – YUNGUYO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LIDIA BEATRIZ COPARI COLORADO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mi Señor, Jesús, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presentan.

A mi padre que en paz descanse Nicandro Copari Ayna y a mi madre Máxima Colorado Tito, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

Lidia Beatriz Copari Colorado



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por formarme en sus aulas, compartiendo ilusiones y anhelos.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por brindarme sus valiosas enseñanzas, experiencia laboral y sus conocimientos académicos.

Al Dr. Edilberto Huaquisto Ramos Asesor del trabajo de investigación, por brindar un seguimiento permanente y mostrar exigencia, orientación en el desarrollo y en la culminación del trabajo de Investigación.

A los docentes miembros del jurado Dr. Victoriano Rolando Apaza Campos, Dr. José Antonio Mamani Gómez, M. Sc. Esteban Moisés Vilca Pérez, por acceder amablemente formar parte del mismo.

A todos los compañeros de la promoción, a todas las personas y amigos que desinteresadamente contribuyeron de una u otra manera en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Lidia Beatriz Copari Colorado



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.1.1. Problema general 18

1.1.2. Problema específico..... 18

1.2. HIPÓTESIS..... 18

1.2.1. Hipótesis general 18

1.2.2. Hipótesis específicas 18

1.3. JUSTIFICACIÓN..... 19

1.4. OBJETIVOS 20

1.4.1. Objetivo general 20

1.4.2. Objetivos específicos..... 21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN..... 22



2.1.1.	Internacionales.....	22
2.1.2.	Nacionales	24
2.1.3.	Regionales	27
2.2.	MARCO TEÓRICO.....	31
2.2.1.	Aguas residuales	31
2.2.1.1.	Clasificación de aguas residuales	32
2.2.1.2.	Importancia del tratamiento de las aguas residuales	32
2.2.2.	Características del agua residual	34
2.2.2.1.	Características físicas	34
2.2.2.2.	Características químicas	36
2.2.2.3.	Características biológicas	38
2.2.3.	Muestreo de aguas residuales	39
2.2.3.1.	Muestras puntuales o simples	39
2.2.3.2.	Muestras compuestas.....	39
2.2.4.	Tratamiento de aguas residuales.....	41
2.2.5.	Eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales	42
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	43
2.3.1.	Aguas residuales domésticas	43
2.3.2.	Planta de tratamiento de aguas residuales	43
2.3.3.	Características de aguas residuales.....	43
2.3.4.	Cuerpo receptor	44
2.3.5.	Límite máximo permisible	44



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	45
3.1.1. Límites.....	46
3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad.....	46
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	47
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.4.1. Población	48
3.4.2. Muestra.....	48
3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	48
3.5.1. Determinación del contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR- Yunguyo.....	49
3.5.2. Determinación del tiempo óptimo de retención hidráulica en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR – Yunguyo.....	53
3.5.3. Método de análisis de datos.....	54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PTAR-YUNGUYO.....	55
--	-----------



4.1.1.	Contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la PTAR-Yunguyo	55
4.1.2.	Contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de la PTAR-Yunguyo	56
4.1.3.	Diferencias del contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la PTAR-Yunguyo.....	57
4.2.	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ÓPTIMO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA EN LA REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA PTAR – YUNGUYO.....	60
4.3.	PRUEBA DE HIPOTESIS.....	65
4.3.1.	Formulación de la hipótesis.....	65
4.3.2.	Criterio para decidir.....	65
V.	CONCLUSIONES.....	68
VI.	RECOMENDACIONES.....	69
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....		75
Anexo 1.	Resultado de análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo a diferentes tiempos de retención hidráulica	76
Anexo 2.	Cadena de custodia de toma de muestras de agua residual	78
Anexo 3.	Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo	79
Anexo 4.	Sala de máquinas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo	79



Anexo 5. Sala de control automatizado de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yunguyo	80
Anexo 6. Proceso de lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo	81
Anexo 7. Proceso de lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo	81
Anexo 8. Ingreso de agua residual a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo	82
Anexo 9. Toma de muestras de agua residual en el efluente de la PTAR Yunguyo .	82
Anexo 10. Salida o de agua residual a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo	83
Anexo 11. Toma de muestras de agua residual en el afluente de la PTAR Yunguyo	83

Área: Ingeniería y Tecnología

Línea: Recursos Hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 23 de diciembre del 2022



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Vías de comunicación y accesibilidad al área en estudio	46
Tabla 2.	Requisitos para la toma de muestra de agua residual	50
Tabla 3.	Parámetros a evaluarse.....	51
Tabla 4.	Tiempos de retención hidráulica	53
Tabla 5.	Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la PTAR-YUNGUYO	56
Tabla 6.	Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de la PTAR-YUNGUYO	57
Tabla 7.	Tiempo de retención óptimo donde ocurre la mayor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-YUNGUYO....	62
Tabla 8.	Prueba estadística T de Student de muestras emparejadas	67



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales	42
Figura 2: Mapa de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales - Yunguyo	45
Figura 3: Contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la PTAR-Yunguyo.....	57
Figura 4: Eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-Yunguyo	58
Figura 5: Tiempo de retención optimo donde ocurre la mayor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-Yunguyo	63



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

PTAR	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
TRH	: Tiempo de Retención Hidráulica
pH	: Potencial de Hidrógeno
DBO5	: Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
AyG	: Aceites y Grasas
SST	: Sólidos Suspendidos Totales
CF	: Coliformes Fecales o Termotolerantes
LMP	: Límite Máximo Permisible
NMP	: Número más Probable
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MVCS	: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento



RESUMEN

El presente estudio se realizó a razón de que no se conoce con exactitud sobre la remoción de los elementos contaminantes a diferentes tiempos de retención hidráulica de la planta de tratamiento de la ciudad de Yunguyo; en este contexto se planteó el objetivo general de evaluar el proceso de tratamiento de aguas residuales y su influencia con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo; siendo el método de obtención de datos mediante la toma de muestras de agua residual en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo a diferentes tiempos de retención hidráulica-TRH; para conocer el contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como la; temperatura (T), pH, DBO₅, DQO, aceites y grasas (A y G), sólidos suspendidos totales (SST), y coliformes termotolerantes o fecales (CF) y conocer la eficiencia de remoción, los resultados obtenidos a TRH de 1:00hora presentan: 85,63% de DBO₅; 85,10% de DQO; 86,27% de A y G; 98,80% de SST; y 42,50% de coliformes termotolerantes o fecales (CF); También a un TRH de 1:50horas presenta: 86,28% de DBO₅; 87,60% de DQO; 89,87% de A y G; 98,88% de SST; y 53,75% de CF; además a un TRH de 2:00horas presenta: 90,07% de DBO₅; 91,24% de DQO; 92,16% de A y G; 98,97% de SST; y 73,75% de CF; y a un TRH de 2:50horas presenta: 94,48% de DBO₅; 96,23% de DQO; 96,41% de A y G; 99,53% de SST; y 85,63% de CF. Concluyendo que a mayor tiempo de retención hidráulica existe una mejor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la Planta de Tratamiento de Aguas de Residuales de la ciudad de Yunguyo.

Palabras Clave: Aguas residuales, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tiempo de retención hidráulica.



ABSTRACT

This study was conducted because it is not known exactly about the removal of physicochemical and microbiological parameters at different hydraulic retention times of the treatment plant of the city of Yunguyo; in this context the general objective was to evaluate the process of wastewater treatment and its influence with the hydraulic retention time in the water quality of the WWTP - Yunguyo; The method used to obtain data was to take wastewater samples in the influent and effluent of the wastewater treatment plant of the city of Yunguyo at different hydraulic retention times (HRT) to determine the content of physicochemical and microbiological parameters (temperature, pH, BOD₅, COD, oils and fats (A and G), total suspended solids (TSS), and thermotolerant coliforms); and to determine the removal efficiency. The result is that at a HRT of 1:00hour, it presents: 85.63% of BOD₅; 85.10% of COD; 86.27% of O&G; 98.80% of TSS; and 42.50% of thermotolerant coliforms (TFC); also at a HRT of 1: 50hours; it presents 86.28% of BOD₅; 87.60% of COD; 89.87% of A and G; 98.88% of TSS; and 53.75% of CF; Also at a HRT of 2:00hours; it presents 90. 07% of BOD₅; 91.24% of COD; 92.16% of A and G; 98.97% of TSS; and 73.75% of CF; and at a HRT of 2:50 hours; it presents 94.48% of BOD₅; 96.23% of COD; 96.41% of A and G; 99.53% of TSS; and 85.63% of CF. The conclusion is that the longer the hydraulic retention time, the better the removal of physicochemical and microbiological parameters in the wastewater treatment plant of the city of Yunguyo.

Keywords: Wastewater, physico-chemical and microbiological parameters, hydraulic retention time



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El 70% de la superficie de la tierra está cubierta por agua, donde el 96,5% es salada y el 3,5% es dulce, aproximadamente el $\frac{3}{4}$ está congelada y presentes en lagos, de aquí el 30 % es para uso poblacional, hay riesgo que si alcanza a degradarse este recurso vital, tendríamos problemas serios provocando enfermedades y muertes (Pinto & Lawrence, 2014).

Así mismo cuando la población incrementa, el recurso agua es cada vez más escaso, mayor costo y de acceso limitado; y ahondando todo ello existe la contaminación de los ríos y quebradas por las aguas que son utilizadas en viviendas domiciliarias, industrias, actividades agropecuarias, en general contienen materia orgánica, detergentes, residuos industriales, ganaderos, agrícolas, entre otros (Rios & Cisneros, 2019) y además menciona que las aguas residuales deberían ser conducidas posteriormente a unas plantas depuradoras donde siguen un tratamiento adecuado para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles para su posterior reutilización

La función de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es reducir los elementos contaminantes que transporta el líquido elemento, siendo producto de las aguas residuales domesticas e industriales, son contaminantes muy difíciles de eliminar con procesos caseros y otros a simple vista no se visualizan, afectando directamente el agua, el ecosistema y la salud humana (Flores, 2010).

Las aguas residuales se convierten entonces en una fuente de contaminación o un foco de infección; esta es la razón por la cual es necesario que previo a su disposición final se enfatice en la necesidad de mejorar la eficacia del tratamiento para conocer si se



está reduciendo la cantidad de carga contaminante en el proceso ya que al momento de un contacto directo o indirecto con aguas residuales de una alta concentración de microorganismos patógenos es un factor de riesgo para contraer enfermedades (Callata, 2014).

Hoy en día existen leyes, decretos, normas y manuales que indican los procesos que se deben seguir para la eliminación de los contaminantes teniendo en cuenta el nivel de complejidad del sistema, el clima, la demografía y en especial el territorio en el cual se desea hacer un proyecto como este (Tito, 2018).

Aunque es imperante evitar la contaminación de los cuerpos de agua naturales, tanto superficiales como subterráneos, en el medio nacional todavía se da la inadecuada práctica de disponer las aguas residuales con tratamiento ineficiente, altamente contaminadas hacia corrientes naturales y todo ello ha llevado al deterioro, principalmente por polución, de la calidad agua superficial de las diversas cuencas del país y en un futuro no muy lejano puede conducir a la pérdida de los recursos hídricos subterráneos (Mamani, 2018).

Basado en todo ello es que surgió el presente trabajo de investigación titulado “Proceso de tratamiento de aguas residuales y su influencia con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo”; se planteó como objetivo principal, el evaluar el proceso de tratamiento de aguas residuales y su influencia con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo; con los siguientes objetivos específicos: Determinar el contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR- Yunguyo; y Determinar el tiempo óptimo de retención hidráulica en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR – Yunguyo; se realizó el



análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente de la PTAR – Yunguyo.

El trabajo de investigación está constituido por cuatro capítulos, que a continuación se menciona: el capítulo I corresponde a la introducción, especifica el problema de estudio, con la formulación del problema, hipótesis, justificación y estableciendo los objetivos trazados que puntualizó la importancia del estudio. El capítulo II, establece temas relacionados al estudio, antecedentes del estudio, marco teórico y los términos básicos, continuando el capítulo III, la metodología planteada para la investigación, precisando el tipo y diseño de investigación, técnicas e instrumentos, población y muestra, procedimientos y procesamientos de datos y el capítulo IV, muestra los resultados logrados en el presente trabajo de investigación con el análisis y discusión que corresponde. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones más importantes de la investigación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los países latinoamericanos, la principal fuente de contaminación hídrica proviene de las viviendas, hospitales, industrias, la localidad más afectada son familias con bajos recursos, al no disponer con un presupuesto adecuado y que no cuentan con una buena fiscalización, así mismo cabe mencionar que muchas plantas de tratamiento no se encuentran en una buena condición para operar, causando así pérdidas económicas. Puesto que para su construcción se requiere de presupuesto (Larios, González, & Morales, 2015).

A nivel nacional, en el Perú una persona genera un promedio de 136 – 145 L/hab/día de agua residual, hasta el año 2012, en el Perú se descargó 2.217,946 m³/día de



agua residual por día a la red de alcantarillado de las empresas prestadoras de servicio (EPS) de los cuales solo 709,743 m³ son tratados, lo cual representa solo el 32% del total de aguas residuales generadas, asimismo el organismo de evaluación y fiscalización ambiental prevé que para el año 2024 se aumentara la generación de agua residual alcanzando el valor de 4.842,579 m³/día. (OEFA, 2014). En el Perú existen diversas zonas, tanto como urbanas y rurales donde la descarga de agua residual es directa sin antes ser tratadas previamente, estas son vertidas a cualquier cuerpo receptor de recurso hídrico causando deterioro en la salud y el ecosistema.

La planta de tratamiento del distrito de Yunguyo vierte su efluente al río Choquechaca, después de pasar el proceso de tratamiento, tal como detalla en el informe de resultados de la Evaluación de la Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (ANA, 2015)

Se indica que la calidad del efluente de la PTAR Yunguyo cumple con los LMP, en términos de remoción de DBO₅, DQO, SST, pH y A y G con porcentajes de remoción superiores al 90%; sin embargo, no logra alcanzar el nivel de eficiencia requerido para la remoción de Coliformes Termotolerantes, ya que los efluentes presentaron en promedio valores de 25 veces superiores al LMP establecido (1×10^5 NMP/100 ml). La elevada cantidad de Coliformes Termotolerantes en el efluente final afecta significativamente la calidad del agua del cuerpo receptor, constatándose en promedio el NMP de CT en 70 veces superior al ECA, lo cual cobra mayor importancia si se considera que la zona de descarga es el lago Titicaca donde se practican actividades como la pesca.

Teniendo en cuenta este contexto, el presente trabajo de investigación permitió determinar la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en distintos



tiempos de retención hidráulica de la planta de aguas residuales del distrito de Yunguyo, pues a través de esta investigación nos permitió conocer el estado actual de la PTAR y tomar decisiones.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el proceso de tratamiento de aguas residuales y su influencia con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál el contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR - Yunguyo?
- ¿Cuál es el tiempo óptimo de retención hidráulica en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR – Yunguyo?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

El proceso de tratamiento de aguas residuales influye con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo.

1.2.2. Hipótesis específicas

- El contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la PTAR-Yunguyo, sobrepasan los valores establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM.
- El tiempo óptimo de retención hidráulica es de 1:5 a 2:5 horas para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR - Yunguyo.



1.3. JUSTIFICACIÓN

Cuando las aguas residuales no cumplen con las normativas, deben ser tratadas y desinfectantes para no atentar con la salud de las personas de las cuales se encuentran encargadas de las instituciones y del personal responsable del tratamiento; las aguas residuales comprometen un nivel de contaminación por la presencia de residuos sólidos, tales como grasas, detergentes, desechos orgánicos siendo indispensable un tratamiento (Callata, 2014).

Es importante la descontaminación porque radica en la posibilidad de devolverlas a su origen natural o ser reutilizada para algunas actividades agrícolas contribuyendo al aprovechamiento del líquido, sobre todo en algunos períodos de sequía donde se presenta escases de agua para el riego y a la sostenibilidad ambiental sin que representen peligro alguno para la vida humana, determinar los parámetros físico químicos y microbiológicos en distintos tiempos de retención en la planta de tratamiento de agua residual del distrito de Yunguyo (Larios, González, & Morales, 2015).

Además, que nos permitió determinar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR, donde se optimizó para así evitar gastos para la implementación de otros procesos. Actualmente no existen estudios efectuados, pues el presente estudio favoreció a la población en gran manera, ya que dispone de información necesaria para la toma de conciencia sobre la situación actual en la que se encuentra la PTAR, y se aporta información técnica para el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales municipales, ello teniendo en cuenta que los vertimientos de aguas residuales municipales son descargados en el río Choquechaca (Fernandez & Soria, 2019).



Se tiene trabajos similares como, la investigación denominada “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” en Huancayo, se mitiga la materia orgánica, optimizando la calidad del agua y los parámetros involucrados en este trabajo, el objetivo es cumplir con el LMP y reducir la contaminación ambiental.

Por lo tanto, la tesis es muy ventajoso en un futuro, cuando el municipio de la provincia de Sapallanga decida renovar el tratamiento de sus efluentes se basa en el estudio que tendrá las dosis de microorganismos y el tiempo de retención hidráulica, que influyen y eliminan la mayor cantidad materia orgánica (DQO) del efluentes, pueden usarse para otros fines como para riego, motivo que nuestro estudio, nos permite conocer cuál es el tiempo óptimo de retención hidráulica para la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales de Yunguyo empleando tiempos de retención de una hora, una hora y media, dos horas y dos horas y media para lograr el objetivo planteado (Nuñez, 2019).

El presente trabajo proporciona información teniendo énfasis en análisis experimental que permite de brindar un resultado convincente para el afluente y llevarlos a cuerpos del cauce del río Choquechaca en volúmenes que no afecten a la población en estudio y al medio ambiente (Izurieta, 2020).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el proceso de tratamiento de aguas residuales y su influencia con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo.



1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR- Yunguyo.
- Determinar el tiempo óptimo de retención hidráulica en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR – Yunguyo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

Izurieta (2020), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, Cantón Patate, provincia de Tungurahua”; con el objetivo de determinar si la PTAR de la parroquia Poatug del cantón Patate en la provincia de Tungurahua si cumple el propósito para el cual fue ejecutada, donde la evaluación de la PTAR de la parroquia Poatug se tuvo información de estado actual, se determinó el caudal de agua residual tanto al ingreso como a la salida de la misma y se encontró las horas pico en las cuales ingresa mayor y menor cantidad de agua residual a la PTAR durante el día, además, se realizó un muestreo del agua residual al ingreso y la salida de la PTAR, las mismas que fueron analizadas en un laboratorio acreditado para determinar la carga contaminante que es tratada en la planta y compararla con los parámetros para descargas de aguas residuales en cuerpos de agua dulce establecidas en el TULSMA 2015, según Izurieta (2020), evaluó el proceso de tratamiento actual (Desarenador, tanque séptico, Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente y lecho de secado de lodos) ocupados para remover los contaminantes presentes en el agua residual que ingresa y se encontró que el mismo solo remueve aproximadamente un 40% de los contaminantes, lo cual indicó que la PTAR no está funcionando adecuadamente, por otro lado, se encontró que varias de sus estructuras hidráulicas no cumplen con los parámetros establecidos en los manuales de diseño de las plantas de tratamiento.



Guamán & Molina (2015), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Macas y San Pedro, Cantón Cuenca, Azua”; el objetivo es evaluar el comportamiento de la planta de tratamiento de agua residual de comunidades de la zona, siendo principalmente Macas y San Pedro y otros, aquí mediante la evaluación fueron ejecutadas por una fosa séptica considerando un filtro anaerobio de flujo ascendente donde el estudio realizado consiste de los siguientes pasos: caracterización de la población servida y la red de alcantarillado que abastece a las PTAR; evaluación de la situación actual o físico de PTAR; evaluación de la eficiencia en remoción de los contaminantes más importantes a través de la caracterización del afluente y efluente, el estudio ha considerado las actividades de campo y laboratorio con el uso de programa ETAPA EP con análisis en laboratorio sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, los resultados que alcanzó Guamán & Molina (2015), en la evaluación se determina que se producen el ingreso de grandes volúmenes de agua de infiltración a través de la red de alcantarillado, a pesar de este gran caudal de infiltración, la remoción que presentan los sistemas de tratamiento utilizados es del 60% y 83% para las PTAR Macas y San Pedro respectivamente, y el vertido cumple con las normas establecidas en el TULAS en todos los parámetros con excepción de los coliformes, por lo que el tratamiento no está actuando a favor de la salud pública.

Gálvez (2013), en la investigación de nombre “Eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez”, que tuvo como objetivo general evaluar la eficiencia en época seca de la planta de tratamiento de agua residual municipal por medio de características



fisicoquímicas y bacteriológicas en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, el tipo de investigación que realizó fue descriptivo, los instrumentos que se utilizó fueron GPS, mapas, cartografía, entre otras. El procedimiento que se sigue es la siguiente: el investigador empezó con tomar muestras de agua en la época de sequía, la cantidad de muestras fue de 4, en cada muestra se realizó por un tiempo aproximado de un mes, también se toma en cuenta el caudal en cada muestra, las variables que se toman es la lluvia, calor y la humedad. Resultados del caudal en el mes de enero es 1.49 L/s, febrero 1,51L/s, marzo 1,48 L/s, abril 1,55 L/s. Los valores de las dispersiones es 236-2006. la planta de tratamiento se rige con reglamentos antiguos. Los valores de los coliformes totales son muy elevados, una de las razones que tienen un periodo de vida alta.

2.1.2. Nacionales

En la investigación que lleva por nombre “Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco” con el objetivo de determinar el nivel de eficiencia de la P.T.A.R. de Cusipata segun Auccatinco (2021), el propósito es estimar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales, el monitoreo fue en dos puntos, para el primer punto en el ingreso de la planta (afluente) y el segundo punto al egreso de la misma (efluente), los resultados obtenidos se verificó la eficiencia del tratamiento de aguas residuales y estos datos nos indica que el tratamiento es ineficiente, así mismo la carga de contaminantes en el efluente es alta ya que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), no se muestra una adecuada depuración de grasas y aceites, solidos totales suspendidos, debido a que el tanque séptico y la laguna de estabilización están colmatadas en su totalidad, asimismo



los lodos presentes en la planta no han sido extraídos periódicamente por los responsables, provocando la deficiencia en el funcionamiento de la planta y el vertimiento adecuado de las aguas residuales al río Vilcanota por lo general no esté tratada, para que la planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.), mejore su eficiencia y pueda realizar la adecuada depuración de los parámetros evaluados la Municipalidad del Distrito de Cusipata deberá de implantar un programa de mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales, así mismo los resultados reflejan que la planta de tratamiento de aguas residuales, tiene una eficiencia de depuración de materia orgánica, aceites y grasa, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes es muy baja por la deficiencia en accionar del mantenimiento periódico por parte de los responsables de la entidad

Según Núñez (2019), en la investigación que lleva por nombre “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca, alternativas para mejorar su tratamiento” el objetivo del estudio fue determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cajabamba, en la remoción de DBO5, DQO, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y coliformes termotolerantes, en la metodología Núñez (2019), plantea para identificar los puntos de muestreo, el primero se ubicó en el ingreso de las aguas residuales a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y el segundo punto estuvo ubicado a la salida de los efluentes, se obtuvieron 6 muestras de agua residual, siendo 3 tomadas en época de lluvias y 3 en época de sequía, se realizó el análisis comparativo entre ambas, como resultado de estudio se determina que la planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales, el valor obtenido fue del



50%, así mismo no es eficiente en la remoción de materia orgánica, para lo cual se utilizaron los indicadores de DBO5 y DQO cuyos valores fueron de 23,20% y 27,63% respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables para este tipo de tratamiento según la Norma Técnica de Edificación OS.090 (2006), la cual señala que la eficiencia de remoción de DBO debe encontrarse entre 50% a 90%, la eficiencia en la remoción de aceites y grasas fue del 82,20%, encontrándose dentro del promedio de eficiencia para este tipo de tratamiento de aguas residuales, En cuanto a la remoción de coliformes termotolerantes fue del 65,62%, valor que se encontró por debajo del promedio de eficiencia de éste parámetro.

Fernández & Soria (2019), en su investigación nombrada “Eficiencia de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén”. Cuyo objetivo fue el de determinar la eficiencia que posee la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de. El tipo de estudio fue experimental – aplicada. Se tomaron en cuenta los criterios de selección las cuales si dividen en criterios de inclusión y criterios de exclusión. Los materiales que se utilizó en la investigación fue bureta de 50ml, probeta de 50 a100 ml, vaso de precipitación de 10ml. Las muestras que se toman siguieron los procedimientos, el muestro se toman durante una semana de 7:00 am a 13:00 y 17:00. Los resultados que se obtuvieron fueron en la laguna de oxidación con un caudal máximo de entrada de 1054,02 y en salida un valor de 916,25 en la fecha 06-10-2019. El valor máximo en DBO es 1983 en entrada y en salida tiene un valor de 1354 en la fecha 03—10-2019. El valor máximo en DQO tiene un valor de 2956 en entrada y en salida 2154. En conclusión, la planta de tratamiento incumple con los límites máximos



permisibles establecidos, los cuales se demostraron en los valores del DBO y DQO, uno de los factores es el aumento de personas en la municipalidad.

Micha & Rojas (2019), en su trabajo de investigación nombrada “Determinación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta la Encañada del periodo abril – agosto” siendo el objetivo determinar la remoción de contaminantes que causan un efecto negativo en la calidad de las aguas y que afecta a la población negativamente, para el análisis de la eficiencia en tratamiento de aguas residuales se tomaron dos puntos, el primero a la entrada de la planta (afluente) y el segundo a la salida (efluente), mediante el análisis de los resultados Micha & Rojas (2019), determinó que la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales La Encañada es nula, en la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un -23,8 % y para la Demanda Química de Oxígeno se obtuvo un 25,8 %, en conclusión el sistema de tratamiento no está cumpliendo eficientemente la función de remoción de nutrientes, asimismo se analizó el pH, DBO5, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, temperatura, aceites y grasas, comparando los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de aguas residuales domésticas y municipales, según el Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM.

2.1.3. Regionales

Apaza (2021), en su investigación que lleva por título “Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro” el objetivo es evaluar la eficiencia de los tratamientos biológicos en la remoción de contaminantes de la planta de tratamiento del distrito de San José, realizando el tipo de investigación



aplicativo, diseño no experimental debido a que no se manipula ninguna variable, según Apaza (2021), para obtener la información requerida se tomaron muestras en el ingreso a la cámara de rejas (afluente), salida de la cámara de rejas, salida de la trampa de grasas, salida del sedimentador 1, salida del sedimentador 2, salida de los filtros de arena y grava, salida de los filtros percoladores y salida de los humedales artificiales (efluente), se realizó el análisis físico químico y bacteriológico de los parámetros establecidos por D.S. N° 003-2010-MINAM, estos son: aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), potencial de hidrogeno (pH), solidos totales en suspensión, temperatura, los resultados obtenidos muestran que los tratamientos biológicos remueven en un 94,4% aceites y grasas, 34,71% en DBO; 34,32% en DQO, 34,02% en solidos totales en suspensión y 99,11% en coliformes termotolerantes, las conclusiones a las que se alcanzó son que la planta de tratamiento del distrito de San José tiene mayor eficiencia en la remoción de aceites y grasas y coliformes termotolerantes, y menor eficiencia en cuanto a DBO y DQO, esto debido a que la eficiencia del filtro percolador es la más baja de todo el sistema de tratamiento.

Según Mamani (2018), en la investigación que lleva por título “Evaluación de carga contaminante generado por el vertimiento de aguas residuales de la municipalidad provincial de Yunguyo” el objetivo de evaluar la calidad del agua que recibe el cuerpo de agua que es el lago Titicaca, esto con el propósito de establecer la importancia del adecuado tratamiento que se le da en la planta de tratamiento, adicionalmente el manejo adecuado que se debería de tener sobre la misma, teniendo la metodología aplicada para evaluación de la carga contaminante generado por la población de la municipalidad es mediante la



medición del caudal que se registra los datos en campo, en la frecuencia de muestreo, en el procesamiento y análisis de parámetros analizados y en la evaluación de resultados, la cual nos permite determinar el estado actual en cuanto al comportamiento operacional y a eficiencia operacional de la planta de tratamiento de aguas residuales y aquí Mamani (2018), determinó que el sistema está trabajando eficientemente, por otro lado los parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados cumplen con los valores de los límites máximos permisibles de efluente de plantas de tratamiento de aguas residuales pero el DBO5 es de 78 mg/ L en el afluente y DQO reporta valores 130 mg/ L en el efluente esto nos indica que no cumplen con los estándares de calidad ambiental del agua Categoría 3 del Anexo B de los Estándares de calidad Ambiental, el valor obtenido en el Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo nos indica que el DBO5 no se encuentra dentro de los Límites máximos permisibles , lo que indica que la materia orgánica es degradada por los microorganismos y ocasiona que se consuma el oxígeno, lo que podría provocar la desaparición de la fauna acuática. En cambio, la Bahía de Yunguyo tiene un pH de 8,5 que tiende a ser alcalino evidenciando el deterioro de la calidad del agua en esta Bahía.

Vilca (2017), en su investigación que lleva por título “Evaluación y propuesta de mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco, provincia de Huancané - Puno” que tuvo como objetivo determinar la calidad de tratamiento de aguas residuales con la que cuenta Taraco. La metodología utilizada fue aplicativo - tecnológico, se realizaron tomas de muestras en la época seca y lluvia por un tiempo de 6:00am a 6:00pm. Los parámetros por analizar fueron DBO5 Y DQO. Como resultado se obtuvo que en la entrada se tuvo un valor máximo de 0,58 y un valor mínimo 0,32; en tanto los



resultados de salida posee un valor máximo de 0,75 y un valor mínimo de 0.36. Solo 3 parámetros se encontraron dentro de los LMP que fueron aceites y grasa, pH y temperatura. Como conclusión tuvieron que el tratamiento de aguas residuales en Taraco no tiene una buena eficiencia en el tratamiento por los resultados que se obtuvieron, en DBO tiene una deficiencia hasta 100mg/L. En DQO tiene una deficiencia de 200mg/L.

Arocutipa (2013), en la investigación que lleva por título “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari – Sandía” que tuvo como objetivo evaluar cómo influyen los parámetros físicos, químicos y biológicos en la calidad de aguas residuales de la laguna de estabilización y plantear mediante una propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales con la finalidad de reducir la contaminación causada por efecto de las descargas de las aguas residuales, el proceso metodológico que se ha planteado es realizar evaluaciones, identificación y la obtención de datos y muestreo en diferentes puntos del sistema, y luego se procedido a nivel de laboratorios, para su análisis Arocutipa (2013), ha obtenido resultados de las muestras de los Sigüientes parámetros, DBO5 es de 429 mg/l. afluente y 276 mg/l. en el efluente, y la DQO, son de 904 mg/l. en el afluente y 620 mg/l. en el efluente, al comparar los valores determinados en el efluente con los LMP (límites máximos permisibles) establecidos en el D.S.003-2010-MINAM, se establece que el nivel de contaminación es alto ya que los contaminantes potenciales (DBO5, DQO) superan los LMP en más del doble, contaminando y afectando de esta manera la vida acuática existente en el río Inambari, con lo cual el agua residual del efluente no cumple con los LMP para poder ser vertidos al cuerpo receptor, se concluye que se ha determinado los



aspectos causantes de dicho problema, estas causas se han analizado los efectos que ellos producen, y por otro lado la contaminación del medio ambiente, lo que originan una deficiente calidad de vida de la población y se planteó una propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales, las que permitan contrarrestar los impactos negativos en la salud y el ambiente generados por el inadecuado funcionamiento de la laguna de estabilización.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Aguas residuales

“Las aguas residuales también conocidas por el término de aguas servidas, aguas fecales o cloacales y aguas negras, debido a la coloración oscura que presentan”.

Son desechos líquidos y residuos sólidos producidos por la actividad diaria del hombre y provienen de las residencias, oficinas, instituciones, industrias, comercio, otros, son recolectadas por el sistema de alcantarillado que lo conduce a la planta de tratamiento de aguas residuales o al punto de disposición final, el caudal de agua residual no siempre tiene un régimen regular durante el día, en el caso de sistemas separativos de alcantarillado, el caudal de agua residual desciende significativamente durante la noche y dependiendo del tamaño de la población servida, el caudal máximo puede alcanzar hasta tres veces el caudal medio diario, por lo tanto, las aguas residuales contienen diversas sustancias de origen natural o artificial que pueden ser más o menos dañinas para el hombre, los animales y el ambiente (Váscones, 2017).



2.2.1.1. Clasificación de aguas residuales

- a) **Aguas residuales domesticas:** Proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza de la casa. (Espigares & Pérez, 1985). Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos (Váscones, 2017).
- b) **Aguas blancas:** Pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos, en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos (Váscones, 2017).
- c) **Aguas residuales industriales:** Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Váscones, 2017).
- d) **Aguas residuales agrícolas:** Procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales; estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Váscones, 2017).

2.2.1.2. Importancia del tratamiento de las aguas residuales

El agua, principio y base de la vida se ha solidificado como medio indispensable para cualquier alternativa de futuro, no existe actividad humana



económica, industrial o política que pueda prescindir de este vital recurso, un método inadecuado de los desechos y la falta de infraestructuras para la desinfección de las aguas proyectan serias amenazas a la salud pública, al desarrollo económico y social de los países en vías de desarrollo (López, 2019).

Colectivamente, no se estima la medida en que el beneficio de los recursos hídricos contribuye a la productividad económica y al bienestar social, aunque todas las actividades del hombre incluyendo las industriales, descansan en 12 nivel sobre el suministro y calidad del agua, esta realidad es conocido por todas las empresas a nivel nacional y están obligadas a mejorar en la gestión del recurso hídrico, bajo auténticos criterios de sustentabilidad, vanguardia tecnológica enfocada en ecoeficiencia (Velasquez, 2015).

Colectivamente, no se estima la medida en que el beneficio de los recursos hídricos contribuye a la productividad económica y al bienestar social, aunque todas las actividades del hombre incluyendo las industriales, descansan en 12 nivel sobre el suministro y calidad del agua, todas las empresas a nivel nacional conocen de esta realidad y están obligadas a mejorar en la gestión del recurso hídrico, bajo auténticos criterios de sustentabilidad, vanguardia tecnológica enfocada en ecoeficiencia (Manrique & Manrique, 2017).

La importancia de tratar las aguas residuales reside en el estudio de la variabilidad de la calidad del agua, herramienta fundamental para alcanzar optimización en el funcionamiento de plantas y efluentes gracias a la selección de os parámetros contaminantes que se deben monitorear (López, 2019).



2.2.2. Características del agua residual

Es importante realizar una caracterización del agua residual para establecer los volúmenes y tipos de contaminantes que transportan, con la finalidad de seleccionar los procesos de tratamiento que resultarán más eficientes, donde los parámetros a analizar pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos (Guamán & Molina, 2015).

2.2.2.1. Características físicas

Las características físicas más importantes del agua residual son: el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta, otras características físicas son: la temperatura, el color, el olor, la densidad y turbiedad (Guamán & Molina, 2015).

- a) **Sólidos totales-**. La definición más generalizada de sólidos es la que se refiere a toda la materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado bajo una temperatura entre 103–105°C (Guamán & Molina, 2015).
- b) **Temperatura-**. La temperatura del agua residual es ligeramente más elevada que el agua de abastecimiento debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales, presenta variaciones de acuerdo a las estaciones del año, influye en: la actividad microbiana, la solubilidad de los gases y la viscosidad, la temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta las reacciones químicas, las tasas de reacción y la vida acuática (Guamán & Molina, 2015).



- c) **Color-**. La coloración del agua residual determina cualitativamente el tiempo de las mismas, generalmente varía del gris claro al negro, si el agua es reciente, suele presentar coloración gris clara; oscureciéndose a medida que pasa el tiempo, pasando a ser de color gris a negro (Guamán & Molina, 2015). Al llegar al punto de coloración, suele clasificarse el agua residual como séptica. El agua residual adopta estos colores debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual (Guamán & Molina, 2015).
- d) **Olor-**. La coloración del agua residual determina cualitativamente el tiempo de las mismas. Generalmente varía del gris claro al negro. Si el agua es reciente, suele presentar coloración gris clara; oscureciéndose a medida que pasa el tiempo, pasando a ser de color gris a negro. Al llegar a este punto de coloración, suele clasificarse el agua residual como séptica. El agua residual adopta estos colores debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual (Guamán & Molina, 2015).
- e) **Densidad-**. La densidad de las aguas residuales es definida como la masa por unidad de volumen expresado como (gr/l) o (kg/m³) en el SI. La densidad es una característica física importante debido al potencial para la formación de corrientes de densidad en tanques de sedimentación, tanques de contacto de cloro y otras unidades de tratamiento. Tanto la densidad como el peso específico dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos (Guamán & Molina, 2015).



- f) **Turbiedad-**. Se define como la propiedad óptica de una suspensión, la cual hace que la luz se disperse o absorba en lugar de transmitirse en línea recta a través de la muestra.³¹ Es un parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión (Guamán & Molina, 2015).

2.2.2.2. Características químicas

Para el estudio de las características químicas del agua residual se consideran cuatro aspectos: Materia orgánica, medición del contenido orgánico, materia inorgánica y gases presentes en el agua residual (Guamán & Molina, 2015).

- a) **Materia orgánica-**. Comúnmente los sólidos suspendidos de las aguas residuales pueden contener un 75% de materia orgánica; los sólidos disueltos un 40% (Guamán & Molina, 2015). La materia orgánica de las aguas residuales es una combinación de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno (CHON) principalmente; con las proteínas (40-60%), los carbohidratos (25-50%) y las grasas y aceites (10%) como grupos más importantes. Concentraciones grades de materia orgánica, en aguas residuales, se miden mediante la DBO, la DQO y el COT (Guamán & Molina, 2015).
- b) **DBO5-**. Comúnmente los sólidos suspendidos de las aguas residuales pueden contener un 75% de materia orgánica, los sólidos disueltos un 40% (Guamán & Molina, 2015). La materia orgánica de las aguas residuales es una combinación de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno (CHON) principalmente, con las proteínas (40-60%), los carbohidratos (25-50%) y las grasas y aceites (10%) como grupos más importantes, concentraciones



grandes de materia orgánica, en aguas residuales, se miden mediante la DBO, la DQO y el COT (Guamán & Molina, 2015).

- c) **DQO-**. Es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos. Este proceso es utilizado en casos en los que la materia orgánica es difícilmente biodegradable, cuando las aguas residuales presentan ciertas sustancias que pueden ser tóxicas para los microorganismos usados en la DBO. Desde el punto de vista operacional la principal ventaja del ensayo de DQO es el tiempo requerido que es de 2.5 horas comparado con los 5 días necesarios para la muestra de aguas residuales.
- d) **pH-**. Es la medida de la concentración del ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno. Aguas residuales con una extrema concentración del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota (flora y fauna) de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. El pH adecuado para procesos de tratamiento y la existencia de la vida biológica está entre 6.5 y 8.5 (Guamán & Molina, 2015).
- e) **Cloruros-**. Es un constituyente de interés en aguas residuales debido a que este puede tener un impacto en la aplicación final de reutilización del agua residual tratada. Las heces humanas en sí contienen cloruros (6gr de cloruros por persona por día), razón por la cual la presencia de estos en las aguas residuales.
- f) **Nitrógeno y fósforo-**. Estos elementos son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes y bioestimuladores, cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, será



preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual, y reducirlo para controlar el crecimiento de algas.⁴⁹ Valores promedio encontrados en el cantón Cuenca son 1,25mg/l y 4,5mg/l para nitrógeno y fósforo respectivamente (Guamán & Molina, 2015).

2.2.2.3. Características biológicas

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano y por el rol fundamental jugado por las bacterias y otros microorganismos en la descomposición y estabilización de materia orgánica (Guamán & Molina, 2015).

- a) **Coliformes totales-**. Este grupo fue ampliamente usado en el pasado como un indicador y a pesar de las dificultades asociadas con la existencia de bacterias no fecales dentro de los coliformes totales continúa siendo usado en algunas áreas, no hay una relación cuantificable entre los coliformes totales y los organismos patógenos (Guamán & Molina, 2015).
- b) **Coliformes fecales-**. Este indicador está conformado por un grupo de bacterias predominantemente originadas en el tracto intestinal de humanos y animales, aunque existen en porcentajes menores bacterias termotolerantes que no son de origen fecal, por lo tanto, este indicador no garantiza la contaminación de origen fecal residual (Guamán & Molina, 2015).
- c) **Escherichia coli-**. Este indicador está conformado por un grupo de bacterias predominantemente originadas en el tracto intestinal de humanos y animales, aunque existen en porcentajes menores bacterias termotolerantes que no son



de origen fecal, por lo tanto, este indicador no garantiza la contaminación de origen fecal (Guamán & Molina, 2015).

2.2.3. Muestreo de aguas residuales

El muestreo consiste en tomar una muestra homogénea que sea representativa del cuerpo de agua, la muestra puede ser simple o compuesta, en los siguientes párrafos se van a describir estos dos tipos de muestreos (Portero & Amat, 2017).

2.2.3.1. Muestras puntuales o simples

Estas muestras son tomadas una sola vez y en un solo sitio de muestreo tomando en cuenta que los parámetros pueden cambiar dependiendo de la hora, lugar, época de año, y otros, cuando la fuente varía con el tiempo se deberá tomar muestras de forma periódica para así poder estudiar los cambios que se generan; teniendo en cuenta que si la variación ocurre en el lugar se deberán tomar muestras en diferentes sitios (Muestra Simple, 2016).

Se usa generalmente cuando: 1) El caudal de agua residual y su composición es relativamente constante, 2) El flujo de agua residual es intermitente y 3) Cuando las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH y temperatura); el volumen mínimo de una muestra simple debe estar entre 1 y 2 litros (Lemna, 2016).

2.2.3.2. Muestras compuestas

Las muestras compuestas son la mezcla de varias muestras simples recolectadas en el mismo lugar, pero en diferentes tiempos, la mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma (Lemna, 2016).



La frecuencia del muestreo depende de la variabilidad del caudal y la carga de contaminante, para pequeñas variaciones de las muestras solo hace falta que se tomen a intervalos cada dos horas durante las 24 horas, sin embargo, para grandes variaciones puede requerirse tomar muestras hasta cada 15 minutos, las muestras individuales de la compuesta deben tener entre 25 y 100ml y el volumen compuesto debe tener entre 2 y 4 litros (Portero & Amat, 2017).

Las muestras recolectadas se almacenan apropiadamente en un refrigerador y al final del período del muestreo se mezclan en proporción directa al caudal aforado en cada instante de muestreo, para preparar la 34 muestras compuesta es necesario conocer la cantidad requerida para cada muestra simple (Lema, 2016). El cálculo del volumen de las muestras simples se realiza con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{V_a}{nQ_p} Q_{1,2,3,etc}$$

Dónde:

V: Volumen a preparar de la muestra compuesta

n: Número de muestras

V_a : Caudal promedio

$Q_{1,2,3,etc}$: Para diferentes caudales

V_a : Alícuota a medir

Son preferibles este tipo de muestras cuando se desea conocer resultados, ya que aseguran mejor la representatividad de la masa de agua y permiten detectar los efectos de la descarga variable de los diferentes contaminantes de las aguas



sometidas a procesos determinados como, por ejemplo: tratamientos, depuración, vertidos, y otros (Lemna, 2016).

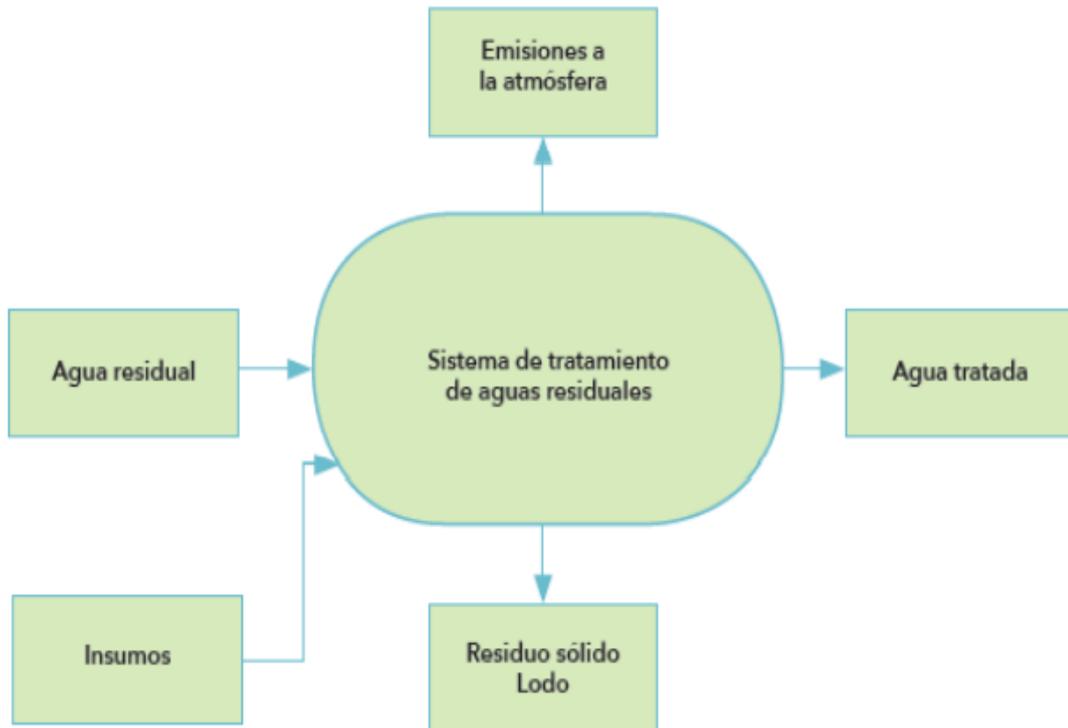
2.2.4. Tratamiento de aguas residuales

El objetivo del tratamiento de aguas residuales es de recuperar este recurso de gran importancia y tratar de llevarla a estándares de calidad para que puedan ser vertidas a efluentes o para su reutilización como en el riego (Auccatinco, 2021).

Los subproductos del tratamiento en su mayoría son lodos, gases y el agua tratada en sí, el proceso biológico en sí hace que la materia orgánica se dirija al fondo de las cámaras generando que las grasas y demás por diferencia de densidad salgan a la superficie donde son extraídas para su disposición final, mientras que la materia orgánica en lodos se dirija al fondo y luego por diferencia de densidad se tenga agua tratada para luego ser cloritada o dependiendo, además la configuración del sistema de tratamiento es importante al momento de obtener aguas de calidad ya que para el diseño de las plantas se ha de considerar todas las

características de las aguas residuales que ingresan y dependiente de la fuente se dará el tratamiento que por lo general es químico y biológico (Auccatinco, 2021).

Figura 1: Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales



Fuente: (Auccatinco, 2021)

2.2.5. Eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales

Según Auccatinco (2021), la remoción de contaminantes es el resultado de la variación porcentual de parámetros de control específicos que se pueden monitorear tanto en la entrada como en la salida, caracterizada principalmente por la cantidad removida de contaminante, la siguiente ecuación se ha utilizado para el cálculo de remoción de contaminantes.

$$E = \frac{C_o - C}{C_o} * 100$$



Dónde:

E: Eficiencia de la PTAR

C: Cantidad de Carga contaminante de salida

Co: Cantidad de Carga contaminante de entrada

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Aguas residuales domésticas

Son aguas servidas domesticas residuales provenientes de las tinas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras, son una parte importante de las aguas residuales, que representan entre un 50 – 60% del total de las aguas servidas desechadas en el hogar (Rojas, 2020).

2.3.2. Planta de tratamiento de aguas residuales

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales domésticas y/o municipales (Nuñez, 2019).

2.3.3. Características

Las aguas residuales domesticas están compuestas básicamente por agua, materia sólida, residuos sólidos, a esto se suma la presencia de materia mineral y materia orgánica donde la materia mineral proviene de los subproductos desechados durante la vida cotidiana y de la calidad de las aguas de abastecimiento y la materia orgánica proviene exclusivamente de la actividad humana y está compuesta por materia carbonácea, proteínas y grasas (Aliss, 2018).



2.3.4. Cuerpo receptor

La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, tratadas o no así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, el subsuelo o los acuíferos (Nuñez, 2019).

2.3.5. Límite máximo permisible

Establece la medida de concentración de los elementos, sustancias, parámetros tanto físicos, químicos y biológicos, presentes en emisiones liberadas al ambiente estos elementos al excederse causan o pueden llegar a causar daños a la salud de la población y al ambiente (ANA, 2016).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de trabajo de investigación está ubicada en la PTAR Yunguyo, a 1.7 km de la ciudad del distrito del Yunguyo; en las coordenadas UTM: 488185 Este 8202265 Sur a una altitud de 3841msnm; el cual realiza el vertimiento de las aguas residuales hacia el riachuelo Choquechaca

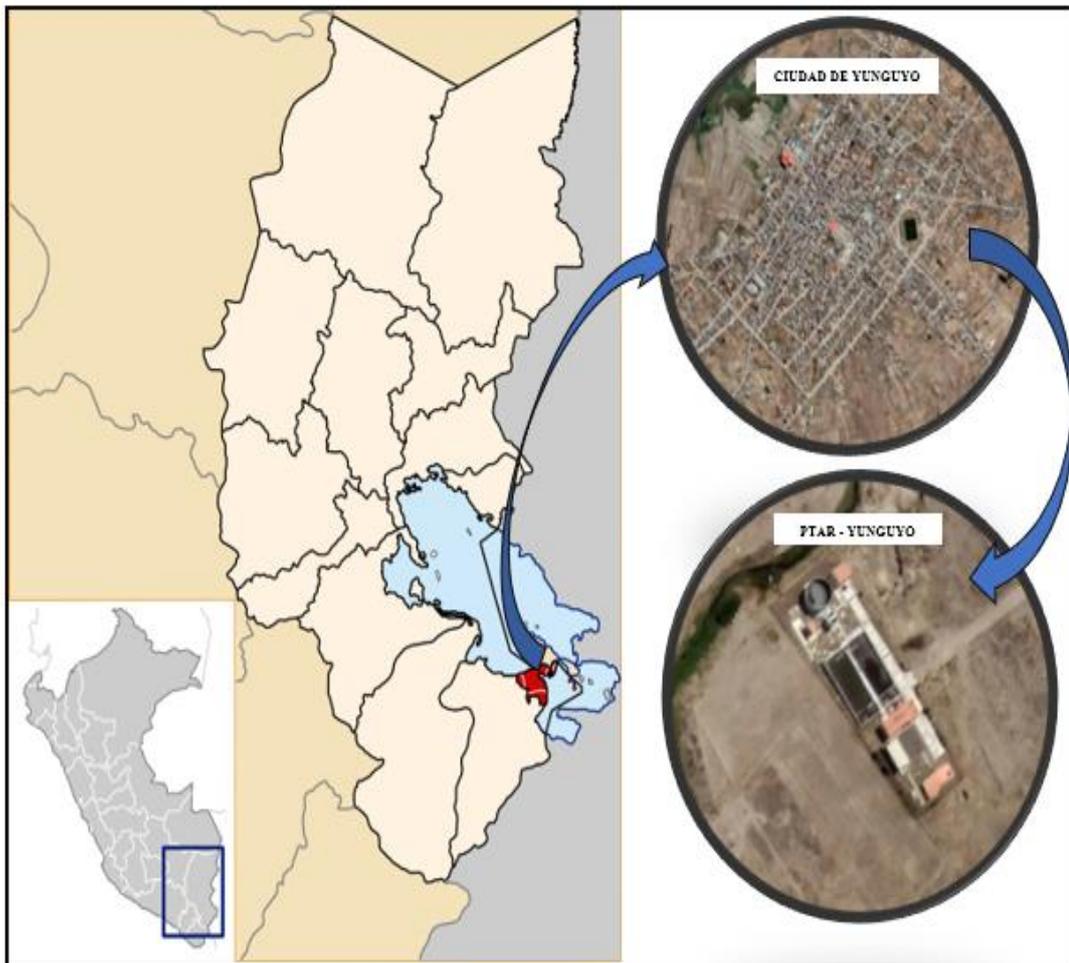


Figura 2: Mapa de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales - Yunguyo

Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Límites.

Yunguyo es un distrito que se encuentra situada al lado sur de la península de Copacabana; limitando por el norte con el lago Titicaca; al sur con el Distrito de Copani; al este con el lago Titicaca, en su lago más pequeño llamado Menor o Huañamarca y también con el Ollaraya; y al oeste con los distritos de Cuturapi y de Zepita.

3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad

Desde la ciudad de Puno que es el principal eje comercial de la zona sur del departamento de Puno, la fuente de comunicación y accesibilidad se realiza a través de vía terrestre tal como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Vías de comunicación y accesibilidad al área en estudio

PARTIDA	FIN	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE
Puno	Acora	33.1 km	0:38 h.	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Acora	Ilave	21.7 km	0:22h	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Ilave	Juli	28.7 km	0:31h	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Juli	Pomata	23.4 km	0:22h	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Pomata	Yunguyo	32.1 km	0:37 h	Trocha	Bus/Automóvil

Fuente: Elaboración propia

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación para el desarrollo del proyecto es aplicado, que tiene como objeto el estudio de un problema destinado a la acción y puede aportar hechos nuevos (Baena, 2017).



El diseño de investigación es cuantitativa experimental, porque mediante pruebas experimentales se ha obtenido datos cuantitativos de la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas en relación con el tiempo óptimo de retención hidráulica en la PTAR Yunguyo.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

a) Técnicas

Se utilizó la técnica de recopilación documental; con el objetivo de acopiar documentos relacionados con el procedimiento de la investigación para medir una o más variables (Córdova, 2018); además se manifiesta que mediante esta técnica se ha obtenido las referencias sobre el tiempo de retención óptima para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

La otra técnica fue la observación; el cual implica la utilización de nuestros sentidos para examinar la manifestación de los indicadores de una variable (Córdova, 2018).

b) Instrumentos

- Laboratorio (acreditado)
- Fichas de observación.



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población fue representada por las aguas residuales que se tratan en la planta de tratamiento de la ciudad de Yunguyo (PTAR Yunguyo).

3.3.2. Muestra.

Teniendo en cuenta que el estudio remite información relevante sobre la cantidad removida de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a diferentes tiempos de retención hidráulica de la PTAR-Yunguyo, cuyos resultados constituyen un referente teórico, para futuras investigaciones con características similares y de alguna forma para que las instituciones competentes tomen las respectivas acciones con el fin de mejorar el actual sistema de tratamiento, se ha considerado que el tamaño de la muestra sea la misma especificada en la población, siendo las aguas residuales que se tratan en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo (PTAR Yunguyo).

3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El procedimiento metodológico corresponde para cumplimiento de los objetivos específicos planteados en el estudio recabando toda la información necesaria, siendo trabajos de investigación, experiencias en las entidades públicas sobre el tema de estudio, libros publicados, artículos científicos, páginas web, entre otros, además se ha obtenido información de PTAR de Yunguyo, donde se recabaron información para el cumplimiento de los objetivos.



3.4.1. Determinación del contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR- Yunguyo.

a) Reconocimiento del lugar y zona de descarga de agua residual

Inicialmente se realizó una exploración del lugar de procedencia de las muestras de agua residual en el sector que se encuentra ubicado en las coordenadas de 488185 E 8202265 N.

b) Ubicación del punto de muestreo

Con la ayuda de un GPS se verificó la ubicación de las coordenadas de los puntos de muestreo.

c) Toma de muestras, preservación y transporte a laboratorio

Para la obtención de muestras, se realizó el tipo de muestreo, muestra compuesta. El muestreo compuesto es una de las maneras más ventajosas para establecer las concentraciones medias que se han de emplear, por ejemplo, para calcular la eficiencia de una PTAR (APHA - AWWA - WPCF, 1992)

- **Transporte y conservación:** Las muestras recolectadas de agua residual, preservadas y rotuladas se colocaron en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante. Además, se ha transportado las muestras con cuidado, prestando atención para que no se caigan o derramen y se tomaron en cuenta las consideraciones siguientes.



Tabla 2. Requisitos para la toma de muestra de agua residual

Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P.V.	1000 mL	No es posible	15 min
pH		50 mL	No es posible	15 min
DBO5	P.V.	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P.V.	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2, refrigerar a 4° C	28 días
Aceites y grasas	V. ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl, hasta pH<2, refrigerar a 4° C	28 días
Sólidos suspendidos totales (SST)	P.V.	100 mL	Refrigerar a 4° C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4° C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 días

NOTA: (P) Frasco de plástico o equivalente; (V) Frasco de vidrio

Fuente: MVCS, R.M. 273 -2013

Consideraciones para la toma de muestra:

- (1) No hay restricción para el volumen máximo de la muestra.
- (2) En el caso de las lagunas de estabilización, la medición del efluente debe realizarse entre las 10:00 y las 11:00 horas para evitar la interferencia del desequilibrio del sistema carbonatado por alta actividad fotosintética que se da en las horas de mayor radiación solar.
- (3) En caso de lagunas de estabilización, filtrar las muestras de los efluentes (filtro no mayor a 1 micra de porosidad, lo cual debe ser reportado con los resultados del ensayo) para eliminar la interferencia de



algas, determinando de este modo la DBO y DQO, soluble o filtrada. No se debe filtrar las muestras si los efluentes son vertidos en cuerpos de agua lentos (lagunas, lagos, bahías, etc.).

d) **Parámetros a evaluar en laboratorio**

Los parámetros evaluados para esta investigación en laboratorio son las que están establecidos en el Decreto Supremo 003-2010-MINAM.

Tabla 3. Parámetros a evaluarse

Parámetros	Unidad
Aceites y grasas	mg/L
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml
DBO5	mg/L
DQO	mg/L
pH	Unidad pH
STS	mg/L

Fuente: Decreto Supremo 003-2010-MINAM

e) **Método de muestreo (muestreo compuesto)**

Para la toma de muestra se tomó el método de muestreo compuesto, obteniendo cierta cantidad de litros de muestra por cada hora dependiendo del caudal. Se identificó todas las muestras y envases con su respectiva etiqueta.

Para la muestra compuesta se aplicó la siguiente fórmula:



$$V = \frac{V_a}{nQ_p} Q_{1,2,3,etc}$$

Dónde:

V: Volumen a preparar de la muestra compuesta

n: Número de muestras

V_a : Caudal promedio

$Q_{1,2,3,etc}$: Para diferentes caudales

V_a : Alícuota a medir

3.4.2. Determinación del tiempo óptimo de retención hidráulica en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR – Yunguyo.

- a) **Tiempo de retención hidráulica:** Tiempo de permanencia del agua residual en el sistema, es el periodo de tiempo que el agua permanece en una unidad de tratamiento, desde la captación hasta el suministro a la red (Satalaya, 2015).
- b) **Determinación del tiempo óptimo**

Las muestras fueron tomadas cada media hora para tener una determinación precisa del tiempo óptimo, las cuales fueron consideradas en la siguiente tabla:

Tabla 4. Tiempos de retención hidráulica

TRH	Unidad
1:00	Hora
1:50	Hora
2:00	Hora
2:50	Hora

Fuente: Elaboración propia

c) **Verificación de la eficiencia**

Para la determinación en la eficiencia de remoción del componente y procesos de la PTAR, se realizó a través del balance de la calidad del agua residual cruda y tratada el cual nos permitió determinar la permanencia del efluente de la PTAR (Flores M. , 2019), y es aplicada respecto a las horas indicadas



anteriormente con cada respectivo parámetro, se precisa la fórmula a continuación:

$$E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$$

Dónde:

E: Eficiencia de remoción del sistema o componente.

S: Contaminante de salida.

S₀: Contaminante de entrada

3.4.3. Método de análisis de datos

Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS V.22 para establecer el análisis estadístico, además se utilizó la Prueba Estadística T de Student de muestras emparejadas siguiendo el siguiente criterio.

Si la probabilidad obtenida p-valor $\leq 0,05$, rechace H₀ (se acepta H₁)

Si la probabilidad obtenida p-valor $> 0,05$, acepta H₀ (se rechace H₁)

De igual forma se utilizó el programa Excel para el procesamiento y presentación de tablas y gráficos lo que nos permitió obtener los resultados representativos con análisis y los porcentajes de capacidad de remoción.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PTAR- YUNGUYO.

En relación al objetivo específico 1, que corresponde a la determinación del contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales en el afluente y efluente de la PTAR- Yunguyo; para el cumplimiento de presente objetivo se analizó los parámetros de temperatura, pH, DBO5, DQO, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales (SST), microbiológico, coliformes termotolerantes (NMP); En el afluente y efluente de la PTAR, que se presenta los siguientes resultados.

4.1.1. Contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la PTAR-YUNGUYO

En la tabla 5, se aprecia el contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo; indicando que presenta una temperatura de 15,60°C; pH de 6.86; estando dentro de lo permitido por la norma (LMP); Sin embargo, también presenta 288,00mg/L de DBO5; 623,00mg/L de DQO; 30,60mg/L de aceites y grasas; 467,00mL/L de sólidos suspendidos totales y 16000,00 NMP/100mL de coliformes termotolerantes; todo ello superando los LMP.

Tabla 5. Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la PTAR-YUNGUYO

Parámetro	Unidad	Resultado de análisis	LMP
Fisicoquímico			
Temperatura	°C	15,60	<35
pH	Und.	6,86	6,5-8,5
DBO5	mg/L	288,00	100
DQO	mg/L	623,00	200
Aceites y grasas	mg/L	30,60	20
Solidos suspendidos totales (SST)	mL/L	467,00	150
Microbiológico			
Coliformes termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	16000,00	10000

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de la PTAR-YUNGUYO

En la tabla 6, se considera el contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo; indicando que presenta una temperatura de 16.40°C; pH de 7,10; 41,40mg/L de DBO5; 92,80mg/L de DQO; 4,20mg/L de aceites y grasas y 9200,00 NMP/100mL de coliformes termotolerantes; 5,59mL/L de Solidos suspendidos totales; estando dentro de lo permitido por los límites máximos permisibles de efluentes de PTAR (LMP).

Tabla 6. Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de la PTAR-YUNGUYO

Parámetro	Unidad	Resultado de análisis	LMP
Fisicoquímico			
Temperatura	°C	16,4	<35
pH	Und.	7,10	6,5-8,5
DBO5	mg/L	41,4	100
DQO	mg/L	92,8	200
Aceites y grasas	mg/L	4,2	20
Solidos suspendidos totales (SST)	mL/L	5,59	150
Microbiológico			
Coliformes termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	9200	10000

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Diferencias del contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la PTAR-YUNGUYO

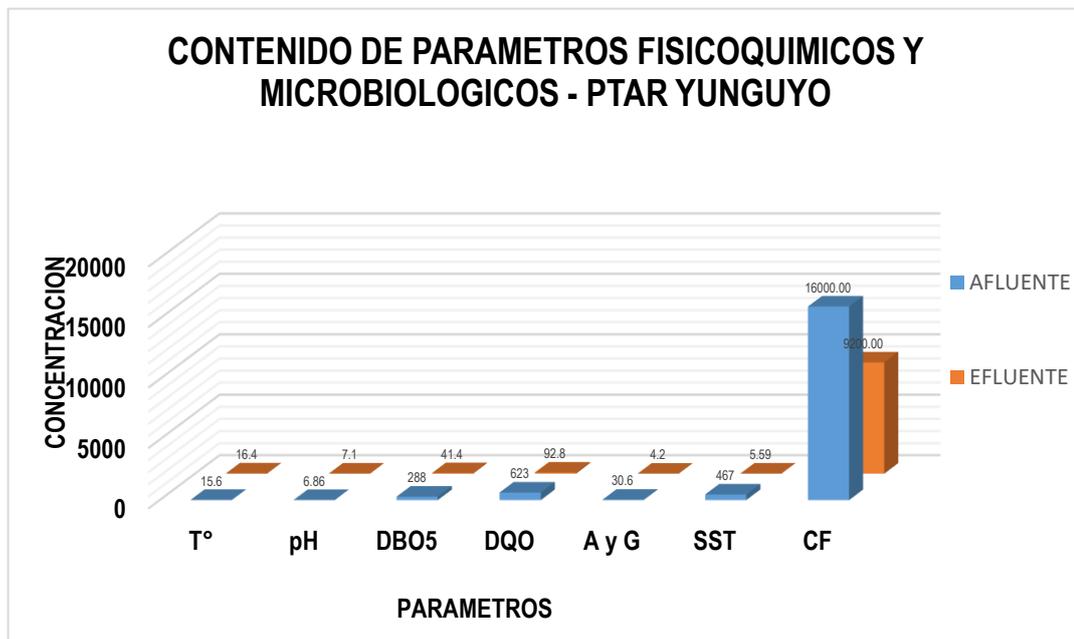


Figura 3: Contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la PTAR-YUNGUYO

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3, se aprecia el contenido de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la PTAR-Yunguyo de forma gráfica, indicando que existe una diferencia de concentración de parámetros tanto en el afluente como en el efluente; siendo una disminución de la concentración en el efluente, debido a que la planta tiende a tratar las aguas residuales, conllevando a presentarse una concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos dentro del rango permitido por la norma para su vertimiento hacia un cuerpo receptor.

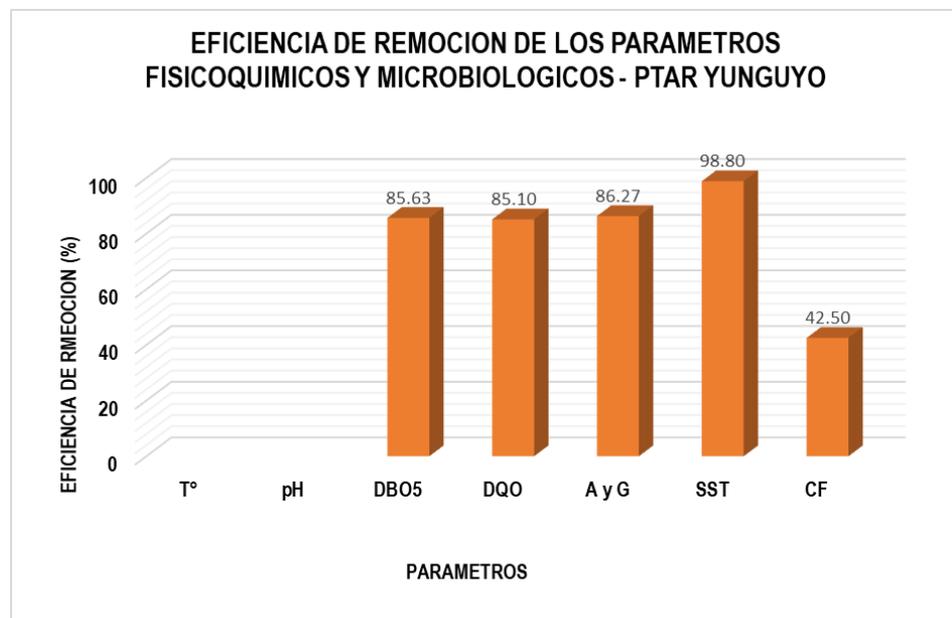


Figura 4: Eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-Yunguyo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se evalúa la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-Yunguyo; indicando que presenta una remoción del 85,63% de DBO5; 85,10% de DQO; 86,27% de aceites y grasas; 98,80% de sólidos suspendidos totales; y 42,50% de coliformes termotolerantes o coliformes fecales.



Los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto al estudio realizado por Izurieta (2020), presentan características que no se asemejan debido a que en su estudio en la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, Cantón Patate; encontró una eficiencia de remoción general del 40% de los contaminantes (DBO5, DQO, aceites y grasas; sólidos suspendidos totales y coliformes fecales); lo cual es previsible que la PTAR no está operando adecuadamente todo ello a razón de que la PTAR está diseñado sin ningún criterio técnico.

Así mismo con respecto al estudio realizado por Guamán & Molina (2015), se asemejan porque encontró una eficiencia de remoción que varía desde 60% a 83% de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la PTAR de las comunidades Macas y San Pedro provincia del Azuay; en la actualidad la planta no recibe caudal apreciable de parte de la población por ser netamente rural; conllevando a que el agua residual se mantenga y trate en un mayor tiempo de contacto en la planta de tratamiento de agua residual, alcanzando eficiencias altas de remoción donde el vertido cumple con las normas establecidas por dicho país, actuando a favor de la salud pública.

De igual manera relacionando el estudio ejecutado por Núñez (2019), los resultados no se asemejan, porque se tiene una eficiencia de remoción del 23,20% de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca, siendo por debajo de lo estipulado para su tratamiento, todo ello a razón de que la actual planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra en precarias condiciones y además



los encargados no realizan el mantenimiento respectivo de la planta y cuando la hacen la realizan sin criterio técnico.

El estudio realizado por Fernandez & Soria (2019), no se asemejan debido a que en su estudio presenta en el afluente de la PTAR 1054,02mg/l de DBO5 y en salida tiene un valor de 1354 mg/l, el valor de la DQO en 2956mg/l en entrada y en salida 2154mg/l, en conclusión la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra en precarias condiciones conllevando a que el vertimiento de las aguas residuales incumplan los límites máximos permisibles, los cuales se demostraron con los valores de la DBO y DQO.

4.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ÓPTIMO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA EN LA REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA PTAR – YUNGUYO.

En relación al objetivo específico 2; Determinar el tiempo óptimo de retención hidráulica en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR – Yunguyo; para el cumplimiento de presente objetivo se estableció diferentes tiempos de retención hidráulica en la PTAR – Yunguyo; siendo de 1.00hora; 1,50horas; 2,00horas y 2,50horas respectivamente, encontrando los siguientes resultados:

En la tabla 7, según el anexo 1 de análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo, se aprecia el tiempo de retención óptimo donde ocurre la mayor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-Yunguyo, indicando que a un TRH de 1:00hora presenta porcentajes de remoción de: 85,63% de DBO5; 85,10% de DQO; 86,27% de aceites y grasas; 98,80% de sólidos suspendidos totales (SST); y



42,50% de coliformes termotolerantes (CF); también a un TRH de 1:50horas; presenta 86,28% de DBO5; 87,60% de DQO; 89,87% de aceites y grasas; 98,88% de SST; y 53,75% de coliformes CF; además a un TRH de 2:00horas; presenta 90,07% de DBO5; 91,24% de DQO; 92,16% de aceites y grasas; 98,97% de SST; y 73,75% de coliformes termotolerantes (CF); y a un TRH de 2:50horas; presenta 94,48% de DBO5; 96,23% de DQO; 96,41% de aceites y grasas; 99,53% de SST; y 85,63% de coliformes termotolerantes (CF).

Tabla 7. Tiempo de retención óptimo donde ocurre la mayor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-YUNGUYO

N°	Parámetros físico químicos y microbiológicos	Und	Concentración inicial	Concentración final a diferentes tiempos de retención hidráulica – TRH (horas)			Porcentaje de remoción a diferentes tiempos de retención hidráulica – TRH (horas)				
				1:00	1:50	2:00	2:50	1:00	1:50	2:00	2:50
1	Temperatura	°C	15,6	16,40	14,20	14,00	11,70	-	-	-	-
2	pH	Und.	6,86	7,10	7,30	7,61	7,68	-	-	-	-
3	DBO5	mg/L	288	41,40	39,50	28,60	15,90	85,63	86,28	90,07	94,48
4	DQO	mg/L	623	92,80	77,23	54,60	23,50	85,10	87,60	91,24	96,23
5	Aceites y Grasas	mg/L	30,6	4,20	3,10	2,40	1,10	86,27	89,87	92,16	96,41
6	SST	mL/ L	467	5,59	5,23	4,82	2,19	98,80	98,88	98,97	99,53
7	CF	NMP/1 00mL	16000	9200,00	7400,00	4200,00	2300,00	42,50	53,75	73,75	85,63

Fuente: Elaboración propia

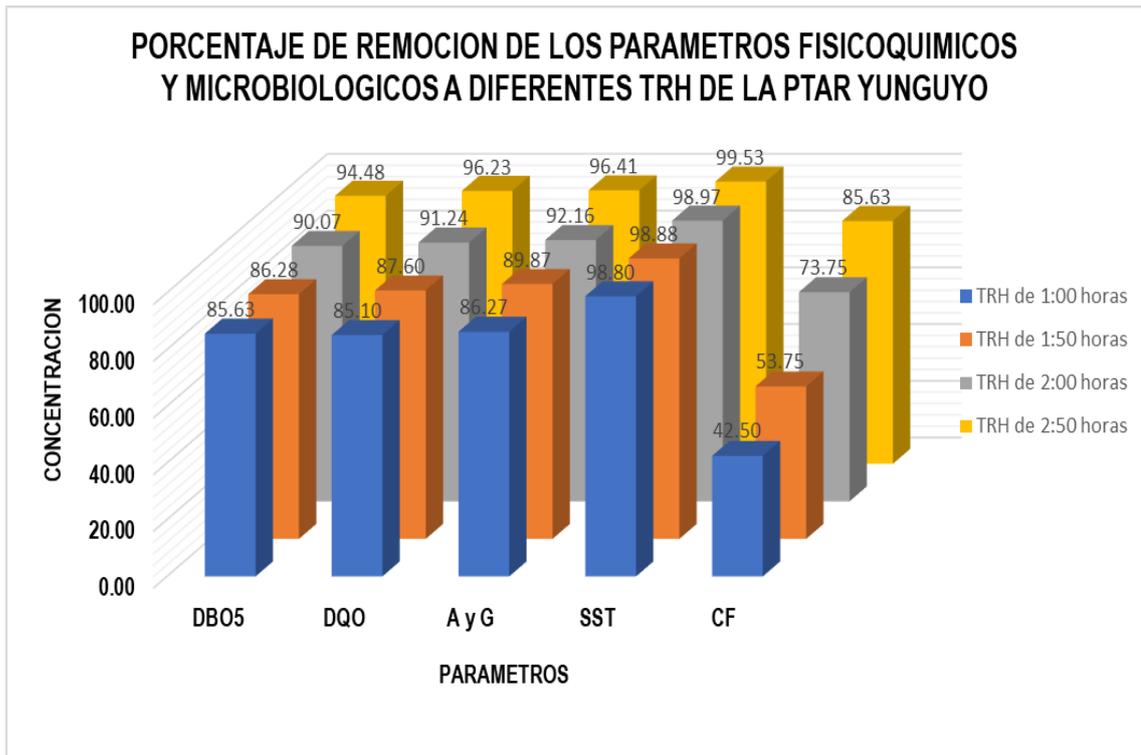


Figura 5: Tiempo de retención óptimo donde ocurre la mayor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-Yunguyo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se aprecia el tiempo de retención óptimo donde ocurre la mayor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR-Yunguyo de forma gráfica; indicando que a un mayor tiempo de retención hidráulica presenta mejor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (pH, DBO5, DQO, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes).

Los resultados con respecto al estudio realizado por Micha & Rojas (2019), presentan características que no se asemejan en la eficiencia de remoción a dos tiempos de retención hidráulica encontrando en el TRH de media hora una remoción promedio del 23,8% de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y a un TRH de una hora se encontró una remoción del 25,8 % de



planta de tratamiento de aguas residuales la encañada; siendo mínima la diferencia de remoción como resultado hace prever que la planta no logra tratar de lo más correcto posible, debido a la deficiencia en el cuidado de la PTAR.

Así mismo con respecto al estudio realizado por Apaza (2021), se asemejan, porque encontró una remoción que incrementa cada vez que se alarga el tiempo de retención hidráulica en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro, sin embargo en la actualidad presenta un deterioro en los filtros percoladores, siendo evidente porque el proceso mostró la remoción más baja de todo el sistema de tratamiento.

De igual manera con respecto al estudio realizado por Vilca (2017), no se asemejan los resultados, porque encontró a un tiempo de retención hidráulica en dos horas un valor máximo de 0.58 y el mínimo de 0,32, de DBO₅; en tanto los resultados de salida posee un valor máximo de 0,75 y un valor mínimo de 0,36, de DQO, por consecuencia es previsible decir que el tratamiento de aguas residuales en Taraco no muestra eficiencia aceptable en el tratamiento por los resultados que se obtuvieron, en DBO tiene una deficiencia hasta 100mg/L, en DQO tiene una deficiencia de 200mg/L.

Además con respecto al estudio realizado por Izurieta (2020), presentan características similares, el cual evaluó el tiempo óptimo de retención hidráulica donde ocurre la mejor remoción de la DBO₅ en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia Poatug-Canton Patate-provincia de Tungurahua, localizando un tiempo de retención óptimo de 5 horas, en el cual remueve una



demanda biológica de oxígeno al 0,33mg7L, indicando igualmente que a mayor tiempo de retención hidráulica presenta una mejor remoción de la DBO5;

Así también con respecto al estudio realizado por Fernandez & Soria (2019), presentan característica similares, mediante evaluación realizada del tiempo de retención óptimo de la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén, muestra un tiempo de retención de 7 días, que presenta mejor remoción de la DBO5 y DQO, de las aguas residuales con respecto a los tiempos de retención de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 días respectivamente; confirmando que a mayor tiempo de retención hidráulica presenta mejor remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales.

4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS

Para determinar si el proceso de tratamiento de aguas residuales influye con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua, se utilizó el modelo estadístico T de Student para muestras relacionadas, donde se ha obtenido un nivel de significancia de dichos resultados, a continuación se menciona los criterios que se consideraron.

4.3.1. Formulación de la hipótesis

H₁ = El proceso de tratamiento de aguas residuales influye con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo.

H₀ = El proceso de tratamiento de aguas residuales no influye con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo.

4.3.2. Criterio para decidir

- Nivel de significancia = 5 % = 0,05 α



- Prueba Estadística T Student de muestras relacionadas
- Estimador:

Si la probabilidad obtenida p-valor $\leq 0,05$, rechace H_0 (se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida p-valor $> 0,05$, acepta H_0 (se rechace H_1)

En la tabla 8, se aprecia la prueba estadística T de Student de muestras emparejadas indicando que el P- valor, comparado con el valor alfa 0,05, es menor. Entonces aceptamos la hipótesis H_1 : El proceso de tratamiento de aguas residuales influye con el tiempo de retención hidráulica en la calidad de agua de la PTAR – Yunguyo. De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidencia que existió diferencia significativa entre el resultado del afluente con el efluente de acuerdo al tiempo de retención hidráulica.

Tabla 8. Prueba estadística T de Student de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
1	PH Inicial – PH Final	- ,56250	,27109	,13555	-,99387 -,13113	-4,15	3	,025
2	DBO5 Inicial - DBO5 Final	256,65	11,7429	5,8714	237,96 275,3	43,71	3	,000
3	DQO Inicial - DQO Final	560,96	30,0976	15,0488	513,07 608,8	37,3	3	,000
4	A. grasas Inicial A. grasas Final	27,900	1,29872	,64936	25,833 29,96	42,9	3	,000
5	SST Inicial – SST Final	462,54	1,54405	,77203	460,08 464,9	599,1	3	,000
6	C. Fecales – C. Fecales	10225,0	3105,24	1552,62	5283,8 15166,1	6,6	3	,007

Fuente: Elaboración propia

4.4. APOORTE DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Según los resultados obtenidos del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se puede afirmar que el PTAR – Yunguyo, está realizando correcta y eficientemente el proceso de tratamiento de aguas residuales, ya que los resultados nos indica que los parámetros analizados en el efluente están dentro del rango permitido por la norma y se garantiza que el vertimiento hacia un cuerpo receptor no causará daños a la salud de la población y al ambiente.



V. CONCLUSIONES

- Según los resultados se concluye que el contenido de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la PTAR es de: 15,60°C de T°; 6,86 de pH; 288mgDBO5/L; 623mgDQO/L; 30,60mg/L de aceites y grasas; 467mgSST/L; y 16000,00 NMP/100mL de coliformes termotolerantes superando los LMP de efluentes de PTAR; mientras que en el efluente de la PTAR es de: 16,4°C de T°; 7,10de pH; 41,4mgDBO5/L; 92,8mgDQO/L; 4,2mg/L de aceites y grasas; 5,59mgSST/L; y 9200NMP/100mL de coliformes termotolerantes estando dentro del rango permitido por los LMPs de efluentes de PTAR; especificando que la PTAR – Yunguyo está en óptimas condiciones para tratar las aguas residuales.
- Según los resultados se concluye que el tiempo óptimo de retención hidráulica donde ocurre la mayor remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la PTAR – Yunguyo es de 2:50horas; siendo superior en comparación a los tiempos de retención hidráulica de 1:00hora; 1:50horas; y 2:00horas respectivamente.



VI. RECOMENDACIONES

- Es importante que el alcantarillado de la ciudad de Yunguyo asegure el ingreso del agua residual doméstica para el cual fue diseñado por lo que se recomienda que no reciba aguas ajenas al mismo tal como ocurre en la actualidad, caso de aguas pluviales, industriales y de servicios varios.
- Se recomienda reutilizar el agua tratada principalmente para riego de plantas de cultivo forrajero de la zona como cebada, avena o bebida para animales, siempre verificando previo laboratorio que cumplan los parámetros permisibles.
- Se recomienda a las entidades competentes de la PTAR de Yunguyo que se mantenga los trabajos de investigación con los análisis mensuales de calidad de agua que nos permita evaluar la eficiencia de la planta tanto en época de lluvia como en época seca y así establecer las acciones correctivas hacia la planta.
- Se recomienda darles un buen uso a los lodos generados por la PTAR de Yunguyo ya sea para su utilización como abono a razón de que son depositados en recipientes por un largo periodo de tiempo, para que no procedan a enterrarlos o botarlos.
- Y finalmente se recomienda realizar capacitaciones a las poblaciones aledañas a las bahías, concientizar sobre la importancia de la preservación del Lago Titicaca.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliss, T. (2018). *Evaluación de impacto ambiental del sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Chucuito, distrito Chucuito, Puno - 2017*. Lima: Universidad Alas Peruanas.
- ANA. (2015). *Informe de Resultados de la Evaluación de la Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Yunguyo*. Yunguyo - Perú: Ministerio de Agricultura y Riego.
- ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos>
- Apaza, R. (2021). *Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- APHA - AWWA - WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Diaz de Santos.
- Arocutipa, J. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia*. Puno - Perú.
- Auccatinco, R. (2021). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco*. Cusco: Universidad Continental.



- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
Obtenido de
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Callata, J. (2014). *Evaluación y propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ajoyani – Carabaya – Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Córdova, I. (2018). *Instrumentos de investigación*. Lima - Peru: San Marcos.
- Fernandez, G., & Soria, R. (2019). *Eficiencia de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén*. Chiclayo.
- Flores, M. (2019). *Capacidad de remoción de cadmio mediante bioadsorbente de tarwi (Lupinus mutabilis sweet), de las aguas del río San Antonio de Esquilache Puno-Perú*. Juliaca-Perú.
- Flores, R. (2010). Medio ambiente y educación ambiental. *Internacional de Investigación En Educación* , 401-414.
- Galvez, C. (2013). *Eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual de San Lucas Sacatepèquez, Sacatepèquez*. Guatemala.
- Guamán, V., & Molina, M. (2015). *Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Macas y San Pedro, Cantón Cuenca, Azuay*. Cuenca: Universidad de Cuenca.



- IPCC. (2013). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: The Physical Science Basis.
- Izurieta, V. (2020). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, Cantón Patate, provincia de Tungurahua*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Larios, F., González, C., & Morales, Y. (2015). *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. Lima: Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL.
- Lemna. (2016). *Muestreo de aguas residual*. Guayaquil: Compit.
- León, R., & Portuguez, D. (2019). Modelacion de la disponibilidad hidrica del rio Piura - Perú, considerando la incidencia del cambio climatico. *Revista de Investigaciones Altoandinas*.
- López, D. (2019). *Evaluación al proceso técnico, operativo y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jipijapa*. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Mamani, C. (2018). *Evaluación de carga contaminante generado por el vertimiento de aguas residuales de la municipalidad provincial de Yunguyo*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Manrique, T., & Manrique, G. (2017). *Tratamiento de aguas residuales*. Oaxaca: Revista Lasallista de investigacion.



- Micha, E., & Rojas, E. (2019). *Determinación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta la Encañada del periodo abril – agosto*. Cajamarca: Universidad del Norte.
- Muestra Simple. (29 de Junio de 2016). *Muestra Simple*. Obtenido de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3185>
- Núñez, M. (2019). *Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento*. Cajamarca-Perú.
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima - Peru: Ministerio del ambiente.
- Pinto, L., & Lawrence, Q. (2014). *Aprovechamiento de aguas residuales domésticas para producción de biogás y biol mediante digestores de carga diaria*. Lima: Universidad de Puerto Bayarta.
- Portero, M., & Amat, V. (2017). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Rios, J., & Cisneros, L. (2019). *Eficiencia de un Biodigestor en el Tratamiento de Agua Residual Domestica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Rojas, D. (2020). *Estudio de filtros biológicos para aguas grises utilizando lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*. Lima: Universidad Técnica Federico Santa María.



- Satalaya, K. (2015). *Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza*. Uchiza.
- Tito, A. (2018). *Evaluación de impacto ambiental del sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Chucuito, distrito Chucuito, Puno*. Lima: Universidad Alas Peruanas.
- Váscones, J. (2017). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Velasquez, C. (2015). *La protección del medio ambiente urbano en la unión europea*. Ginebra: Revista de Derecho.
- Vilca, E. (2017). *Evaluación y propuesta de mejoramiento de los Sistemas de Tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco, provincia de Huancané-Puno*. Puno-Perú.
- Yang, N., & Men, B. (2011). *Impact Analysis of Climate Change on Water Resources*. Suiza: Procedia Engineering.



ANEXOS



Anexo 1. Resultado de análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo a diferentes tiempos de retención hidráulica



CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 003



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01321/22 Página 1/3

Solicitante	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE YUNGUYO	
Domicilio legal	JR. ZEPITA NRO. 112 CERCADO - YUNGUYO - YUNGUYO - PUNO	
Producto declarado	AGUA RESIDUAL	
Lugar de Muestreo	CERCADO-YUNGUYO-PUNO	
Fecha de Muestreo	2022-04-28	
Método de Muestreo	R.M. N° 273-2013-VIVIENDA. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales - PTAR	
Acta de Inspección	22AQ00137586606	
Cantidad de Muestras para el Ensayo	7.0 Litros	
Forma de Presentación	En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado Y Preservado	
Identificación de la muestra	Según se indica	
Fecha de recepción	2022-04-29	
Fecha de inicio del ensayo	2022-04-29	
Fecha de término del ensayo	2022-05-04	
Ensayo realizado en	Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa	
Identificado con	HS 22002920 (EXMA-02527-2022)	
Validez del documento	Este documento es válido solo para la muestra descrita	

Proyecto:

Coordenadas UTM: **WGS 84**

Puntos de muestreo	Monitoreo	Descripción de la Estación de Observaciones
ESTE	NORTE	

PTAR-Yunguyo-Ingreso: **19K488205.65** **8202225.07**

PTAR-Yunguyo-Salida: **19K488137.84** **8202306.96**



AREQUIPA

Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572
info@cerper.com

CALLAO

Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
www.cerper.com

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 003



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01321/22 Página 3/3

Parámetros Microbiológicos

Ensayos	Control	Caldo EC/A-17	Caldo EC	Agar mFC
	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Sólidos Suspendedos Totales (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	99,9	85% - 115%	---	---	---	≤ 5%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	201,5	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	< 20%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg/L)	< 2,50	95,4	85% - 115%	---	---	---	< 20%

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	93,97	78-114%	37,59	37,55	0,1	≤ 11%

BM: Blanco del Método
 LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
 LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio
 LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio
 % RPD: Diferencia Porcentual Relativa

MÉTODOS

Aceites y Grasas: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.

Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

(2) Oxígeno Disuelto en Campo: ASTM D888-18, 2018. Standard Test Methods for Dissolved Oxygen in Water. TEST METHOD C INSTRUMENTAL PROBE PROCEDURE—LUMINESCENCE-BASED SENSOR

Sólidos Suspendedos Totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D, 23 rd Ed. 2017. SOLIDS. TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 °C

(2) Temperatura en Campo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.2017. Temperature. Laboratory and Field Methods

(2) pH en Campo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- H + B, 23 rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method

(2) In Situ

Arequipa, 10 de mayo de 2022

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


 Lic. Eddi Mendoza Marnani
 O.P. N° 776
 JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

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

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572
info@cerper.com

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

Anexo 3. Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo



Anexo 4. Sala de máquinas de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo



Anexo 5. Sala de control automatizado de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Yunguyo



Anexo 6. Proceso de lodos activados de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo



Anexo 7. Proceso de lodos activados de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo



Anexo 8. Ingreso de agua residual a la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo



Anexo 9. Toma de muestras de agua residual en el efluente de la PTAR YUNGUYO



Anexo 10. Salida o de agua residual a la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Yunguyo



Anexo 11. Toma de muestras de agua residual en el afluente de la PTAR YUNGUYO

