

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL**

**DISTRITO DE YUNGUYO - PUNO, 2022.**

**PRESENTADA POR:**

**ENRIQUE VALERIANO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO - PERÚ**

**2023**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](#)



# 18.66%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 24 MAY 2023, 10:15 AM

## Scanned Text

Your text is highlighted according to the matched content in the results below.

● IDENTICAL  
4.85%

● CHANGED TEXT  
13.81%

## Report #17309627

ENRIQUE VALERIANO MAMANI EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE YUNGUYO - PUNO, 2022. RESUMEN La presente investigacin se realiz en la distrito de Yunguyo, que es la capital de la provincia del mismo nombre en el departamento de Puno, cuyo objetivo general fu analizar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de dicha ciudad, para ello se utilizaron muestras del afluente y del efluente obteniendo los resultados de eficiencia en base al clculo de la remocin de 05 parmetros: aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioqumica de oxgeno DBO5, demanda qumica de oxgeno y slidos totales en suspensin, parmetros que de acuerdo a su porcentaje global de remocin que la PTAR a mostrado es igual a un valor de 79.66%; adems se realiz el clculo del porcentaje de remocin por parmetros, obteniendo los siguientes valores: para los aceites y grasas una remocin de 86.27%, coliformes termotolerantes con 42.50%, DBO5 (demanda bioqumica de oxgeno despues de 5 das) 85.63%, DQO (demanda qumica de oxgeno) con 85.10%, TSS (slidos totales en suspensin) 98.80; de todos los resultados observamos que para el parmetro slidos totales en suspensin tenemos una remocin casi perfecta, por ltimo se llegaron a comparar cada parmetro con los Lmites Mximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR segn D.S. N 003-2010-MINAM, llegando a la conclusin que para

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

**EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DEL DISTRITO DE YUNGUYO - PUNO, 2022.**

**PRESENTADA POR:**  
**ENRIQUE VALERIANO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA.

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

ASESOR DE TESIS

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Disciplina: Otras Ingenierías y Otras Tecnologías.

Especialidad: Aguas Residuales.

Puno, 31 de mayo del 2023.

## DEDICATORIA

La presente tesis la dedico con todo el amor y cariño a mi familia, mi hija, esposa por su fuente de inspiración motivación para poder superarme donde me brindaron su cariño y amor durante los años de estudio en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de al UPSC SAC y así poder cumplir las metas en mi vida profesional.

A mis compañeros y amigos que compartieron los conocimientos, de alegrías y tristezas, a todos los que nos dieron esa fortaleza para cumplir nuestros sueños de ser un ciudadano con valores y principios.

A mis queridos padres que fueron la fortaleza y motivo de apoyarme moralmente en el apoyo incondicional día a día que recibí el aliento positivo de ellos.

**Enrique Valeriano Mamani**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme la oportunidad de seguir adelante con mis metas propuestas y a la Universidad Privada San Carlos SAC – Puno, por acogerme como mi segundo hogar, donde he recibido las enseñanzas impartidas por los diferentes docentes en los años de estudios, donde se me permitió alcanzar uno de mis objetivos más anhelados.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por brindarme los conocimientos impartidos en los diferentes años de estudios cursados.

A mi asesor M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita por su compromiso, paciencia y enseñanza incondicional para lograr la elaboración del presente trabajo de investigación.

Agradecer a mis jurados:

- Mg. Elvira A. DURAND GOYZUETA.
- Mg. Katia Elizabeth ANDRADE LINAREZ.
- M.Sc. Julio Wilfredo CANO OJEDA.

También agradezco a todos los docentes de la universidad que me inculcaron las enseñanzas compartidas en aulas, así como en campo, las cuales son tan importantes para mi vida profesional.

**ÍNDICE GENERAL.**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL.	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>

**CAPÍTULO I****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN**

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1 PROBLEMA GENERAL.	14
1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	14
<b>1.2. ANTECEDENTES.</b>	<b>15</b>
1.2.1. Internacionales.	15
1.2.2. Nacionales.	16
1.2.3. Locales.	18
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	19

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	20
2.1.1. Aguas Residuales.	20
2.1.2. Tipos de Aguas Residuales.	21
2.1.3. Composición de las aguas residuales.	22
2.1.4. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yunguyo.	23
2.1.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	27
2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5).	27
2.1.7. Eficiencia de una Planta de Tratamiento.	28
<b>2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.</b>	28
<b>2.2. MARCO NORMATIVO.</b>	29
<b>2.3. HIPÓTESIS.</b>	30
2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.	30
2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	30

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	32
3.1.1. Ubicación del Área de Estudio.	32
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.</b>	31
3.2.1 POBLACIÓN.	33
3.2.2 MUESTRA.	33
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	34

<b>3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS.</b>	<b>37</b>
<b>4.2. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.</b>	<b>37</b>
<b>4.3. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.</b>	<b>40</b>
<b>4.4. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL.</b>	<b>48</b>
<b>4.5. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.</b>	<b>49</b>
<b>4.6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01.</b> Tipo de aguas residuales	21
<b>Tabla 02.</b> Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR	29
<b>Tabla 03.</b> Detalle de los puntos de muestreo	33
<b>Tabla 04.</b> Operacionalización de las variables de Investigación	36
<b>Tabla 05.</b> Resultados del análisis de laboratorio de los puntos de muestreo de la PTAR de Yunguyo.	38
<b>Tabla 06.</b> Comparación de los LMP con los resultados obtenidos en el efluente (PM1).	40
<b>Tabla 07.</b> Porcentaje de remoción por parámetro en la PTAR de Yunguyo.	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01.</b> Esquema del tanque de aireación extendido por ciclos intermitentes.	25
<b>Figura 02.</b> Sopladores y difusores de burbuja fina.	26
<b>Figura 03.</b> Concentración del oxígeno residual.	27
<b>Figura 04.</b> Localización de la PTAR Yunguyo.	31
<b>Figura 05.</b> Ubicación de los 02 puntos de muestreo en la PTAR.	32
<b>Figura 06</b> Esquema de la metodología a emplearse para la evaluación de la eficiencia de la PTAR – Yunguyo	36
<b>Figura 07.</b> Valor del Parámetro de Aceites y grasas, frente al Límite Máximo permisible del MINAM.	41
<b>Figura 08.</b> Valor del Parámetro de Coliformes Termotolerantes, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.	42
<b>Figura 09.</b> Valor del Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.	43
<b>Figura 10.</b> Valor del Parámetro Demanda Química de Oxígeno, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.	44
<b>Figura 11.</b> Valor del Parámetro del pH, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.	45
<b>Figura 12.</b> Valor del Parámetro Sólidos Totales en Suspensión, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.	46
<b>Figura 13.</b> Valor del Parámetro Temperatura, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.	47
<b>Figura 14.</b> Eficiencia de la PTAR explicada por parámetros evaluados.	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO 01.</b> LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.	59
<b>ANEXO 02.</b> INFORME DE ENSAYO, DATOS GENERALES DEL ANÁLISIS.	60
<b>ANEXO 03.</b> INFORME DE ENSAYO, RESULTADOS DE ANÁLISIS 1.	61
<b>ANEXO 04.</b> INFORME DE ENSAYO, RESULTADOS DE ANÁLISIS 2.	62
<b>ANEXO 05.</b> GALERÍA FOTOGRÁFICA.	65
<b>ANEXO 06.</b> MATRIZ DE CONSISTENCIA.	71

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la distrito de Yunguyo, que es la capital de la provincia del mismo nombre en el departamento de Puno, cuyo objetivo general fué analizar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de dicha ciudad, para ello se utilizaron muestras del afluente y del efluente obteniendo los resultados de eficiencia en base al cálculo de la remoción de 05 parámetros: aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno DBO5, demanda química de oxígeno y sólidos totales en suspensión, parámetros que de acuerdo a su porcentaje global de remoción que la PTAR a mostrado es igual a un valor de 79.66%; además se realizó el cálculo del porcentaje de remoción por parámetros, obteniendo los siguientes valores: para los aceites y grasas una remoción de 86.27%, coliformes termotolerantes con 42.50%, DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días) 85.63%, DQO (demanda química de oxígeno) con 85.10%, TSS (sólidos totales en suspensión) 98.80; de todos los resultados observamos que para el parámetro sólidos totales en suspensión tenemos una remoción casi perfecta, por último se llegaron a comparar cada parámetro con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR según D.S. N° 003-2010-MINAM, llegando a la conclusión que para los 7 parámetros comparados, 6 cumplen la normatividad; verificando que para aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, pH, sólidos totales en suspensión y temperatura se cumple con la norma y para el parámetro coliformes termotolerantes no se cumple.

**Palabras Clave:** Aguas residuales, eficiencia, límite máximo permisible, planta de tratamiento de aguas residuales, remoción.

### ABSTRACT

The present investigation was carried out in the district of Yunguyo, which is the capital of the province of the same name in the department of Puno, whose general objective was to analyze the efficiency of the wastewater treatment plant of said city, for which samples of the influent and effluent obtaining the efficiency results based on the calculation of the removal of 05 parameters: oils and greases, thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand BOD5, chemical oxygen demand and total suspended solids, parameters that according to its overall percentage of removal that the WWTP has shown is equal to a value of 79.66%; In addition, the calculation of the percentage of removal by parameters was carried out, obtaining the following values: for oils and fats a removal of 86.27%, thermotolerant coliforms with 42.50%, BOD5 (biochemical oxygen demand after 5 days) 85.63%, COD (chemical oxygen demand) with 85.10%, TSS (total solids in suspension) 98.80; From all the results we observe that for the total suspended solids parameter we have an almost perfect removal, finally each parameter was compared with the Maximum Permissible Limits (LMP) of WWTP effluents according to D.S. N° 003-2010-MINAM, reaching the conclusion that for the 7 parameters compared, 6 comply with the regulations; verifying that for oils and fats, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, pH, total solids in suspension and temperature comply with the standard and for the parameter thermotolerant coliforms it does not.

**Keywords:** Wastewater, efficiency, maximum allowable limit, wastewater treatment plant, removal.

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que el principal problema ambiental en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, y en particular en determinadas zonas del Lago Titicaca, es la contaminación del agua ocasionado por el vertimiento de aguas residuales municipales crudas o deficientemente tratadas, cuyo efecto principal es la eutrofización del cuerpo de agua, cuyo caso emblemático, es la Bahía Interior de Puno en cuyas orillas se asienta la ciudad de Puno con más de 130 mil habitantes; de allí la necesidad de construir y operar plantas para el tratamiento adecuado de aguas residuales municipales en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, principalmente si opta por verter sus efluente en lagos o lagunas; esto teniendo en cuenta que la mayoría de sistemas de tratamiento (excepto las de tratamiento avanzado) presentan determinadas limitaciones en la remoción de determinados contaminantes de las aguas residuales municipales, pues se plantea la interrogante de saber ¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo? y pues verificar la hipótesis de que la Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, no es eficiente, la variables de operacionalización que nos planteamos para responder la pregunta y verificar la hipótesis planteada fueron: la variable independiente es el tratamiento de las aguas residuales y la variable independiente es la Eficiencia de la PTAR de Yunguyo; así pues se precisa determinar las eficiencia en término de remoción de parámetros los cuales son: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes.

El desarrollo del presente documento lo hemos dividido en los siguientes apartados:

Capítulo I: Exponemos el problema citando información relevante relacionada a la investigación, luego citamos antecedentes de tipo internacional, nacional y del ámbito local, para al final citar los objetivos del presente trabajo.

Capítulo II: Desarrollamos cada uno de los términos que fundamentan el trabajo desarrollado, para ello se exponen el marco teórico y el conceptual y la normatividad nacional vigente, para al final mencionar las hipótesis de éste trabajo.

Capítulo III: Abarcamos el tema de la forma en la que se desarrolló la investigación a través de la metodología de investigación, presentamos la zona de estudio, la población y la muestra, y la parte estadística de éste trabajo.

Capítulo IV. En éste capítulo se exponen los resultados que se obtuvieron así como de la misma manera se terminan analizando e interpretando cada uno de ellos.

Por último terminamos el presente documento manifestando nuestras apreciaciones de los resultados obtenidos en las conclusiones y recomendamos el punto de vista que nos ofrece el haber realizado éste trabajo.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas residuales que se generan en la zona urbana del distrito y provincia de Yunguyo son colectadas y transportadas por una red de alcantarillado sanitario establecidos por la municipalidad del distrito, ésta red es dirigida hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Yunguyo ha sido pensado precisamente para tratar sus aguas residuales municipales cuya generación se da por los habitantes en el distrito de Yunguyo, ciudad donde se proyecta 12 675 habitantes hacia el 2030 (SUNASS, 2013). Las aguas residuales a las que hacemos referencia se conforman: de aguas residuales municipales originadas en viviendas como en oficinas del tipo administrativo (usuarios de viviendas), también por aguas generadas en los centros comerciales, los restaurantes así como grifos, también las originadas en camales, en plantas que realizan procesamiento de alimentos, etc., los cuales se denominan usuarios del tipo no domésticos, debido a que la carga o concentración de determinados parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda bioquímica de oxígeno (DQO), aceites y grasas (A y G), sólidos suspendidos totales (SST), son más altos respecto a las aguas residuales domésticas, las cuales pueden tener incidencia negativa en la infraestructura de tratamiento de aguas residuales.

Hoy en día es muy importante de parte de las entidades a cargo (OEFA, 2014, p. 11) de las PTAR eliminar los contaminantes existentes en las aguas residuales; por lo mismo que hoy en día hay una búsqueda imparable de innovadores o mejores modelos los cuales nos permitan implementar mejores sistemas de tratamiento que sean confiables y que rindan resultados más eficientes y además permitan operar a costos menores concatenado esto con un mantenimiento cada vez más sostenible y reducido. Obviamente esta tarea es un reto constante, que se debe a la típica característica propia de cada afluente, los cuales tienen una composición propia de las aguas residuales que se denominan crudas, debemos agregarle a este reto los diferentes lineamientos, reglamentos y normativa vigente peruana que se debe cumplir para la determinación de la calidad ambiental que debe tener este tipo de aguas (Muñoz & Ramos, 2014, pp. 49-66).

De acuerdo a lo explicado, demostrar una buena remoción de DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos Suspendidos Totales), Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes de las aguas residuales de la ciudad de Yunguyo nos permitirá demostrar la eficiencia que tiene actualmente su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y también ver el cumplimiento de los LMP del D.S. N° 003-2010-MINAM.

#### **1.1.1 PROBLEMA GENERAL.**

- ¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo - Puno, 2022?

#### **1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- ¿Cuál es la remoción de Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Yunguyo - Puno, 2022?

- ¿Cuál es el resultado de los parámetros comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR según D.S. N° 003-2010-MINAM?

## **1.2. ANTECEDENTES.**

### **1.2.1. Internacionales.**

Arroba y Ávila (2015), es la tesis denominada “Evaluación del Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de un Campus Universitario”, realizado en la planta de tratamiento de agua residual del Campus San Alberto Magno en Bogotá Colombia, después de los análisis realizados en el laboratorio encontramos que el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno es del -12%, pero debido a que la planta no tiene el funcionamiento correcto por la falta de aireación y recirculación de los lodos los valores de DBO5 encontrados son bastante bajos y se espera que si la planta airea continuamente se encuentren valores de la carga contaminante acordes con el aspecto visual del agua residual, ya que al mantener un suministro de oxígeno constante a las bacterias oxidan la materia orgánica y se mantendrá el proceso de lodos activados.

Bejarano y Escobar (2015) ha realizado una investigación para analizar la eficiencia de la utilización de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas en una PTAR ubicada al norte de la ciudad de Bogotá, la comparación de las concentraciones iniciales y finales de los parámetros del tipo fisicoquímicos DBO, DQO y SST y partiendo de la utilización de microorganismos aerobios los cuales previamente fueron identificados en un sistema de tratamiento de lodos activados; se reportó que la utilización de estos microorganismos permitió la remoción de un 79.8 % de carga orgánica dentro del reactor, contribuyendo a un buen funcionamiento de dicha PTARD y a su vez dando cumplimiento a la normatividad ambiental legal vigente.

Mercado et al. (2020), en su trabajo de investigación determina que la gestión de las aguas residuales de tipo doméstico en las pequeñas poblaciones del país de Bolivia, tiene deficiencias que conducen a que las PTAR no cumplan con sus objetivos finales el cual es reducir la contaminación que se llega a dar en el medio ambiente, para al final evitar el deterioro que se dan en los cuerpos receptores. En los diagnósticos realizados

respecto a eficiencia de las PTAR: cinco rurales y una urbana, se han evaluado 5 parámetros los cuales son: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Termotolerantes; las conclusiones a las que llegaron muestran que la puntuación de las actividades de operación y mantenimiento está vinculado con la variable eficiencias en los tratamiento de los parámetros de DQO y DBO en las PTAR mencionadas.

### 1.2.2. Nacionales.

Martinez y Solis (2014) realizaron monitoreos periódicos de la composición del agua que consumían los pobladores de los A.A.H.H, los cuales fueron analizados en laboratorio donde se determinó que contenían agentes contaminantes los cuales tipifican a dicha agua no apta para consumo humano, la coagulación se llevó a cabo haciendo uso de sulfato de aluminio como coagulante en su punto inicial, la aplicación del floculante y el lastre (sílice) se llevó a cabo en la experimentación de prueba de jarras con un tiempo de retención de 2 minutos, logrando un crecimiento en el tamaño y peso del floc transcurrido el tiempo total de floculación, el lastre utilizado arena sílice ( $\text{SiO}_2$ ) con una malla de 60 y un tamaño de partícula de 180 – 250  $\mu\text{m}$ , presentando altos porcentajes de remoción de turbidez; mencionan también que fue posible obtener un % de Remoción de Turbidez de 95% con respecto a la turbiedad inicial, usando como dosis óptima de coagulante 50 mg/L, dosis óptima de floculante 0.8 mg/L y una dosis de lastre sílice ( $\text{SiO}_2$ ) de 0.4gr/L.

Raffo y Ruiz (2014), realiza una investigación Caracterización de las aguas residuales y también la demanda bioquímica de oxígeno, donde realiza definiciones muy importantes sobre el agua, dentro de ellas acota que el agua es importante para todo ser vivo inmediatamente después del oxígeno, pues en su definición la composición de la mayoría de los animales y los vegetales es en gran porcentaje agua, agregando que inclusive dentro de los minerales existe este líquido elemento, también hace una definición sobre el término químico: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) haciendo énfasis en que es un

indicador muy importante para la medición del nivel de contaminación de las aguas residuales, así como del control del agua potable.

Martínez (2016), nos menciona que en su trabajo realizado para evaluar y contrastar la eficiencia de la (PTAR) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en Celendín del departamento de Cajamarca, para remover la (DBO) demanda bioquímica de oxígeno, la (DQO) demanda química de oxígeno así como (SST) los sólidos suspendidos totales, concentración de pH y temperatura; los resultados obtenidos de los indicadores en los puntos específicos (P1, p2) fueron: para la DBO una concentración de 572.00 mg/L en P1, y 48.58 mg/L en P2; para la DQO, 1207.25 mg/L en el P1 y 107.50 mg/L en P2; para los SST 253.81 mg/L en P1 y 42.64 mg/L en el P2; en caso del pH un valor de 8.08 en el P1 y 6.80 en el P2; y por último para la Temperatura 16.25 °C en el P1 y 17 °C en el P2. Verificando los resultados de efluente (P2) de la PTAR, se pudo comprobar que se ubican comprendidos dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) que se vierten a los cuerpos de agua (D.S. N° 003-2010-MINAM), por lo que se concluye una alta eficiencia para el funcionamiento de la planta, alcanzando un 91.5 % de eficiencia para la remoción de DBO, 91 % en remoción de DQO y 83.2 % de eficiencia para los SST.

Fernández y Soria (2019), en su investigación evalúan la remoción de DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y la DQO (Demanda Química de Oxígeno) indicadores considerados como factores de contaminación de las aguas residuales, se entiende que después de un proceso aeróbico, anaeróbico y de maduración, éstos terminarían vertidos en los cuerpos de agua, los autores establecieron en sus conclusiones una relación estadística entre las variables de investigación DBO<sub>5</sub> y DQO igual a 0.69, lo que asegura que el desarrollo de la materia orgánica es no es tan apta de ser consumida de parte de los microorganismos, lo cual indican que hay deficiente biodegradabilidad.

Quispe (2019), realizó un trabajo de investigación el cual tenía como objetivo determinar cuan eficiente es reduciendo la demanda química y bioquímica de oxígeno la PTAR de la ciudad de Celendín; los resultados que obtuvieron detallan para él DBO<sub>5</sub> la concentración igual a 245.95 mgO<sub>2</sub>/l en el punto del afluente y 41.03 mgO<sub>2</sub>/l hacia el efluente, todo ello

hace que la PTAR tenga una eficiencia del 83.32 %; de la misma manera en el caso de DQO con concentración igual a 495.13 mgO<sub>2</sub>/l hacia el afluente y 149.63 mgO<sub>2</sub>/l en el efluente, haciendo una eficiencia de reducción calculada en 69.78 %, respecto a los otros parámetros de campo se menciona que: en el afluente T° = 13 °C, pH = 6.3; para el efluente T°= 14 °C, pH = 6.4. Los valores obtenidos le permitieron afirmar que la PTAR es eficiente en la reducción de la DBO<sub>5</sub> e ineficiente en la reducción de la DQO no cumpliendo con las bases de diseño; y en cuanto a la concentración del efluente de los parámetros de estudio estos se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la normativa vigente del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.

### 1.2.3. Locales.

Apaza (2021), en su investigación denominada: "Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento del distrito de San José provincia de Azángaro", 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 sólidos totales en suspensión y 99.11% en coliformes termotolerantes, las conclusiones a las que se llega 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.

Andrade (2020), en su estudio realizado del efluente y afluente de la PTARD del distrito de Macusani en la Provincia de Carabaya - Puno, los parámetros in-situ analizados fueron pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas arrojando los valores siguientes respectivamente a cada indicador mencionado: 7.56, 20.1 °C, 44 mg/L, 100 mg/L, 209 mg/L, 0.32 mg/L; se verifica que los resultados cumplen con los LMP de efluentes del PTAR, sin embargo se obtuvieron valores de los coliformes termotolerantes igual a 11000 NMP/100 mL excediendo los LMP por lo que no cumplen

con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, también se analizaron los parámetros físicos del río Macusani arrojando valores de pH igual a 8.7 y temperatura de 17.5 °C, oxígeno disuelto de 80 mg/L y la conductividad eléctrica de 145  $\mu$ S/cm valores que harían cumplir los ECA para agua en la categoría 4 del mencionado río; además, en cuanto a la eficiencia de la remoción del DBO5 se ha calculado un valor de 93.42 %, eficiencia en DQO de 94.88 %, en los SST fué de 67.16 % y para los Coliformes Termotolerantes una eficiencia de 77.55%.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo - Puno, 2022.

#### **1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar la remoción de Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión), en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Yunguyo, año 2022.
- Comparar cada parámetro con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR según D.S. N° 003-2010-MINAM.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

##### 2.1.1. Aguas Residuales.

Denominamos aguas residuales aquellas aguas que tienen características las cuales fueron alteradas debido al uso doméstico, tratamiento industrial, uso agrícola y otros, también se consideran aguas residuales aquellas que se desechan junto a éstas en tiempo seco (aguas sucias) y las aguas que proviene de las lluvias las que circulan y se recogen de las superficies edificadas dentro de la zona urbana. Denominamos aguas sucias a los líquidos que fluyen y son recolectados de plantas para su debido tratamiento, almacenaje y deposición de residuos respectivo. El tratamiento de aguas residuales de zonas urbanas, agrupa todos los procesos y medidas necesarias para lograr el aprovisionamiento de la comunidad, de industria y otros tipos de servicio, así como su disposición posterior. El tratamiento de las aguas residuales, comprende las fases de recolección, luego la evacuación, posteriormente su tratamiento y al final su eliminación (Metcalf & Eddy, 1996).

Para Sáenz (1985, pp. 6-9), el tipo denominado aguas residuales domésticas tienen su origen básicamente en los domicilios, en sus instalaciones sanitarias, residuos de lavado de trastes, servicio de baño, lavado de ropas, cañerías etc. La cantidad que se genera de éste tipo de agua está relacionado con la educación y costumbre que tiene cada habitante en su ciudad, debido a que cada vivienda tiene una infraestructura de

abastecimiento de agua de forma interconectada a la red de alcantarillado, es en ésta red donde finalmente termina toda esa agua que fué utilizada.

### 2.1.2. Tipos de Aguas Residuales.

Las aguas residuales son aguas de desechos provenientes de sistemas de alcantarillado, que contienen aguas de inodoros, cocinas, duchas y lavanderías.

Dependiendo de la procedencia del agua residual, éstas se pueden clasificar en:

**Tabla 01.** Tipo de aguas residuales.

TIPO	Descripción
Aguas servidas	Son aquellas aguas que provienen de usos domésticos como lavanderías, duchas, cocinas, pero no contienen heces fecales.
Aguas negras	Son aquellas aguas que provienen de los inodoros de los baños y otros, que contienen heces fecales. Por ello, estas aguas son altamente peligrosas para la salud humana.
Aguas industriales	Son el resultado de procesos mineros, de fábrica y otros, los cuales en su composición tienen contaminantes de origen químico. Se incluyen dentro de ésta categoría las que provienen de los mataderos, de industria lechera y agrícola, procesadoras de café e ingenios azucareros y arroceros, los cuales tienen en su composición materia orgánica, en mayor cantidad al de las aguas servidas y a las denominadas aguas negras
Aguas de hospitales o centros de salud	Son aquellas aguas que contienen microorganismos que causan enfermedades y son altamente contaminantes. Las aguas de centros de salud no deben ingresar en los sistemas de alcantarillado sanitario y deben ser dispuestas en forma independiente, por su alto poder de contaminación

### 2.1.3. Composición de las aguas residuales.

Las aguas residuales están compuestas por sólidos disueltos y suspendidos, con la característica que éstos sólidos siempre son en cantidades muy pequeñas, por lo general siempre menos de un gramo en un litro de agua; pero esta pequeña fracción es la causa de problemas en todo sitio de descarga y deberá ser removida por tratamiento y disposición adecuada. Los sólidos de las aguas residuales pueden clasificarse en dos grupos generales, de acuerdo a su composición o a su condición física. De acuerdo a su composición se dividen en orgánicos e inorgánicos; de acuerdo a su condición física - resultante de su tamaño - se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos.

- **Sólidos Totales:** Se define a los sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C, igual a la suma de sólidos orgánicos e inorgánicos o de los sólidos suspendidos y sólidos disueltos.
- **Sólidos suspendidos:** Son aquellos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua. Analíticamente se definen como la porción de sólidos retenidos en un filtro de orificios de aproximadamente una micra. Se reportan en mg/l.
- **Sólidos sedimentables:** Éste tipo de sólidos suspendidos tienen la característica que su peso y tamaño es lo suficientemente denso para sedimentarse normalmente en un periodo de tiempo corto.
- **Sólidos coloidales:** Denominado así a la cantidad de sólidos suspendidos que su peso y tamaño son pequeños, característica que le permite permanecer en suspensión sin llegar a sedimentarse por periodos extensos de tiempo. Se definen indirectamente como la diferencia entre los sólidos sedimentables y sólidos suspendidos. No hay una prueba directa de laboratorio que sirva específicamente para definir la materia coloidal.
- **Sólidos disueltos:** Es la cantidad de sólidos que pasan a través del filtro utilizado para determinar los sólidos suspendidos. Pueden determinarse analíticamente por evaporación del líquido filtrado y pesado del residuo o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.

- Sólidos inorgánicos: Denominados también sustancias minerales y pertenecen a éste grupo la arena, sales minerales disueltas y tierra, debido a sus características son inertes y no están sometidos a degradación biológica. Por lo general no son combustibles. Técnicamente se puede determinar como el residuo fijo el cual permanece posteriormente a la calcinación sometido a 600 °C de los sólidos totales.
- Contenido de Materia tipo Orgánica: Compuesto de material de origen vegetal o animal.
- Contenido de Sales: Característica de cualquier tipo de agua es que contenga sales inorgánicas, por ende el agua residual las tiene también, las sales del tipo inorgánico se originan directamente en la fuente donde se origina el agua naturalmente.
- Aceites y grasas: Estas materias son de tipo orgánico, los cuales en mínimas cantidades es un componente usual del agua residual. Estos componentes son generalmente de origen animal o vegetal.
- Oxígeno Disuelto: Sabemos que el oxígeno es un elemento tipo gaseoso, el cual llega a ser parte del aire y se encuentra disuelto como proporción obligatoria de todo tipo de agua. La temperatura y la presión atmosférica determinan la solubilidad del oxígeno.
- Otros Gases Disueltos: Dentro del agua residual se puede encontrar cantidades pequeñas y variables de gases disueltos. Dentro de ésta composición se pueden encontrar frecuentemente: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ). El  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$  se hallan en toda agua que está expuesta al aire.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y el  $\text{CH}_4$  se originan de la descomposición de materia de tipo orgánico, debido a la acción de los microorganismos.

#### **2.1.4. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yunguyo.**

##### **a. Descripción de la Planta.**

Las aguas residuales municipales crudas que llega a la PTAR Yunguyo, proceden la ciudad de Yunguyo a través de la respectiva red de alcantarillado, derivadas hasta las Estaciones de Bombeo (EB) N° 01, 02 y 03, ubicadas en la vía principal hacia la localidad de Kasani. A partir de las mencionadas estaciones de bombeo, salen tres líneas de

impulsión, que conducen las aguas residuales hacia la PTAR Yunguyo mediante tuberías con diámetros de 200 a 315 mm. Se precisa que la PTAR Yunguyo fue diseñada para el tratamiento de 25.5 l/s, y un caudal máximo de 56.1 l/s (ANA, 2016).

La PTAR Yunguyo, es una moderna planta de tratamiento de lodos activados, integrada por dos líneas de tratamiento (línea de aguas y línea de lodos). La línea de tratamiento de aguas consta de tratamiento primario, tratamiento secundario diseñado bajo el enfoque de tratamiento biológico aerobio por lodos activados, complementada por un Sistema de Aeración de Ciclo Extendido (ICEAS por sus siglas en inglés), y un sistema de tratamiento de desinfección con sistema de rayos ultravioletas (UV). Asimismo la línea de tratamiento mediante lodos consta de una infraestructura para el tratamiento y acondicionamiento por lodos originados en la línea para el tratamiento de las aguas. En la actualidad los procesos antes descritos ya son controlados de forma automatizada gobernado por una central computarizada el cual le permite controlar y supervisar remotamente las operaciones de la PTAR de Yunguyo, a quien se ha denominado Sistema SCADA por sus siglas en inglés, la parte de efluente llega vertirse al río denominado Choquechaca mediante una tubería de 30 metros de longitud y 16" de diámetro, éste está ubicado en la parte extremo noreste de la planta. El mencionado río tiene una longitud de 2.91 Km desde la planta hasta el lugar donde desembocan (QUISPE et al., 2016).

#### **b. Componentes de la PTAR Yunguyo.**

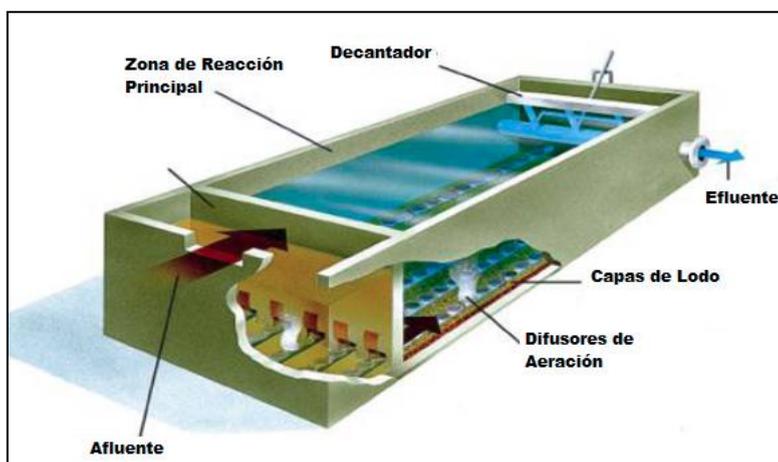
Segun Quispe et. al.(2016) los principales componentes de la PTAR Yunguyo son las siguientes:

- Cámara de llegada de aguas residuales de las cuencas
- Cuchara bivalva
- Reja gruesa manual
- Bypass de tratamiento preliminar con reja gruesa manual
- Medición de caudal del afluente, tipo Parshall.
- Tratamiento preliminar (reja fina, desarenador, remoción grasas y aceite)

- Cámara de repartición de caudales
- Tratamiento biológico en estanques de aireación ICEAS rectangulares
- Bypass de tratamiento biológico
- Bombeo de lodos producidos a espesador.
- Espesador gravitacional para lodos
- Digestor aireado de lodos
- Sistema de deshidratación de lodos
- Almacenamiento de lodos
- Sistema de desinfección ultravioleta (UV)
- Servicios generales

### c. Tratamiento biológico en estanques de aireación.

Para el tratamiento biológico o secundario se utiliza el sistema ICEAS (Sistema de Aeración Extendida por Ciclos Intermitentes) dispuesto en dos tanques de concreto (ver el esquema de la Figura 1), en dichos tanques se desarrollan los siguientes procesos:



**Figura 01** . Esquema del tanque de aireación extendido por ciclos intermitentes.

**Fuente:** Adaptado de las Memorias Descriptivas de la MPY (Municipalidad Yunguyo, 2011)

Alimentación: Es continua durante las 24 horas del día, es decir durante todo el ciclo.

Aeración: Los tanques son aireados por medio de aire suministrado por sopladores conectados a tuberías de acero y manifold de PVC con difusores de burbuja fina, que permiten el ingreso de aire en forma adecuada y totalmente distribuida (ver Fig. 2).



**Figura 02.** Sopladores y difusores de burbuja fina.

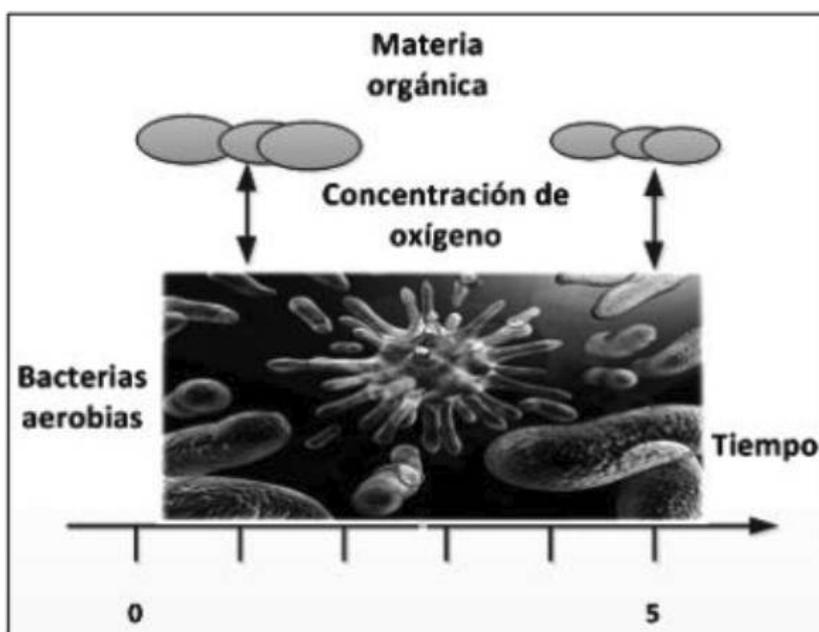
**Fuente:** Adaptado de las Memorias Descriptivas de la MPY (Municipalidad Yunguyo, 2011).

La descripción del proceso del Sistema de Aeración Extendida por Ciclos Intermitentes es de la siguiente manera:

El tanque está separado en dos zonas (pre reacción y reacción principal) mediante una pared deflectora no hidrostática. Las aguas residuales fluyen continuamente hacia la zona de pre-reacción, que actúa como selector biológico para potenciar la proliferación de los organismos deseables y limitar al mismo tiempo el crecimiento de bacterias filamentosas. Las aguas residuales fluyen a través de aperturas de la parte inferior del fondo de la pared deflectora, para ingresar a la zona de reacción principal donde se produce la eliminación de la DBO y la nitrificación. Después de la aireación, ocurre la separación de los líquidos y sólidos. El lodo se asienta luego en el fondo del tanque, dejando una capa de agua clara en la parte superior (sedimentación). Después de la sedimentación, el agua clara es eliminada mediante un mecanismo de decantación automatizado y controlado por tiempos (Municipalidad Yunguyo, 2011).

### 2.1.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

La contaminación de las aguas superficiales cronológicamente se debe a las diferentes actividades humanas entre ellas las industriales, comerciales y al crecimiento demográfico. El oxígeno es un elemento vital para la degradación de la materia orgánica, el crecimiento de bacterias y hongos se debe al alto contenido de materia orgánica. El crecimiento de la fauna y flora acuática se debe al consumo de oxígeno a través de procesos oxidativos de la materia orgánica, es por ello que nuestro ecosistema se altera por el cambio en la calidad de agua, incrementando el pH, desapareciendo peces y plantas (Raffo & Ruiz, 2014, pp. 75-78), la Demanda Bioquímica de Oxígeno es un indicador que determina la medición de la contaminación que puede tener un agua residual (AR), así como en la medición del agua potable.



**Figura 03.** Concentración del oxígeno residual.

**Fuente:** (Raffo & Ruiz, 2014).

### 2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es un valor que determina la cantidad de oxígeno el cual es consumida por cinco días de parte de las bacterias y seres vivos microscópicos, todo este proceso a una temperatura promedio de 20 °C en una muestra

determinada donde se realiza la degradación aeróbica de sustancias que están contenidas dentro del agua observada (Calzada & Martínez del Pozo, 2012).

### **2.1.7. Eficiencia de una Planta de Tratamiento.**

La eficiencia de la remoción de los parámetros investigados en una planta de tratamiento de aguas residuales, se calculó según la fórmula utilizada por Pacheco (1993).

$$\% \text{ Eficiencia} = (AP - DP)/AP \times 100$$

Donde:

AP= valor del parámetro en el afluente.

DP= valor del parámetro en el efluente.

## **2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.**

### **2.2.1 La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).**

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tanto Industrial (PTARI) como Doméstica (PTARD) es un requisito importante para la conservación de vida en el planeta y el cuidado del agua. Con el tiempo, se han mejorado los métodos y aplicaciones para el tratamiento de aguas residuales. Muchas de estas tecnologías para el tratamiento de aguas, permiten una recuperación de recursos y se dan un valor importante al residuo que se genera.

### **2.2.2 Eficiencia de una Planta de Tratamiento.**

La eficiencia de la remoción de parámetros que se desea calcular en una planta de tratamiento de aguas residuales, es la diferencia del valor del parámetro del afluente menos el valor del parámetro efluente, dividido entre el valor del parámetro afluente, ese resultado se debe de multiplicar por 100 (Pacheco, 1993).

### **Límites máximos permisibles (LMP) para aguas vertidas de una planta de tratamiento de aguas residuales**

Los LMP definen la calidad del efluente de las PTAR cuando se vierte a un cuerpo natural de agua. Sin embargo, cuando la PTAR incluye emisario submarino, la norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables.

Los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento (SUNASS, 2016).

### 2.3. MARCO NORMATIVO.

Dentro de lo normativo en nuestro país se dictaron Leyes que respaldan y dan seguimiento al tratamiento de las aguas residuales como:

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Ley N° 26338, Ley General de los Servicios de Saneamiento.
- Ley N° 26842, Ley General de Salud.

• Pero específicamente, para la presente investigación debemos citar el Decreto Supremo N° 003-2010 del MINAM donde aprueban los Límites Máximos Permisibles, para la zona de efluente de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales Domésticos o Municipales, en este decreto en la parte de anexos se puede distinguir los parámetros:

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

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

**Fuente:** Elaborado a partir del Anexo del DS N° 003-2010-MINAM.

## **2.4. HIPÓTESIS.**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.**

- La Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, año 2022, no es eficiente.

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La remoción de los parámetros: Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente.
- La PTAR de Yunguyo no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010-MINAM.

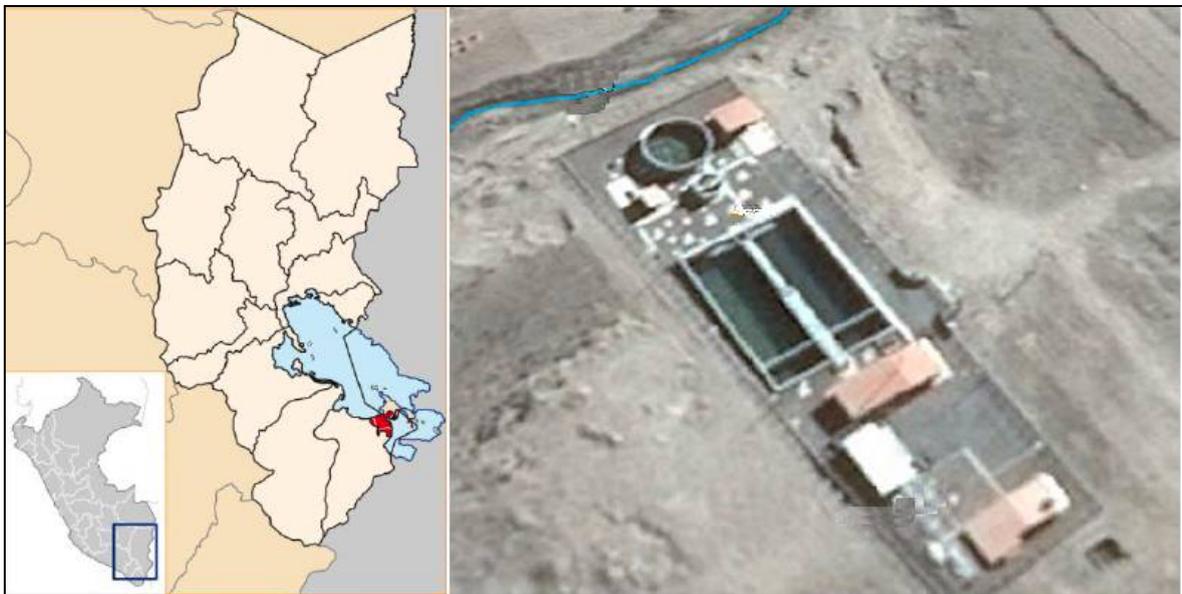
### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

###### 3.1.1. Ubicación del Área de Estudio.

El área de estudio se localiza geográficamente en el distrito de Yunguyo, que es la capital de la provincia de Puno del mismo nombre, allí se ubica la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la cual es parte del régimen administrativo de la Administración perteneciente a la Autoridad Administrativa del Agua Titicaca.



**Figura 04.** Localización de la PTAR Yunguyo.

###### 3.1.2. Ubicación Política y Geográfica.

Región:	Puno.
Provincia:	Yunguyo.
Distrito:	Yunguyo.

Altura : 3841 msnm

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Yunguyo se encuentra ubicada al oeste a unos 1.7 km de distancia hacia Yunguyo, cuyas coordenadas UTM es: 19S 488185 8202265 y por el margen derecho el riachuelo llamado Choquechaca, riachuelo donde se realiza el vertimiento que procede de la mencionada PTAR, cuyas coordenadas UTM del punto de descarga es: 19S 488137 8202306.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

#### 3.2.1 POBLACIÓN.

La población está conformada por las aguas residuales de la planta de tratamiento (PTAR) del distrito de Yunguyo.

#### 3.2.2 MUESTRA.

El número de muestras a tomarse serán 02, la primera muestra el Afluente o punto de entrada de agua residuales a la PTAR y la segunda muestra del Efluente o punto de salida del agua tratada por la PTAR.



**Figura 05:** Ubicación de los 02 puntos de muestreo, afluente y efluente en la PTAR.

Cada muestra estará conformada por: 0.5 litros de agua residual doméstica tomadas del efluente de la PTAR de Yunguyo, las mismas que serán analizadas en el laboratorio especializado.

**Tabla 03.** Detalle de los puntos de muestreo.

Denominación	Punto de Muestreo	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Este	Norte
PM1	Afluente	488205.65	8202225.07
	Entrada de la PTAR		
PM2	Efluente	488137.84	8202306.96
	Salida de la PTAR		

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

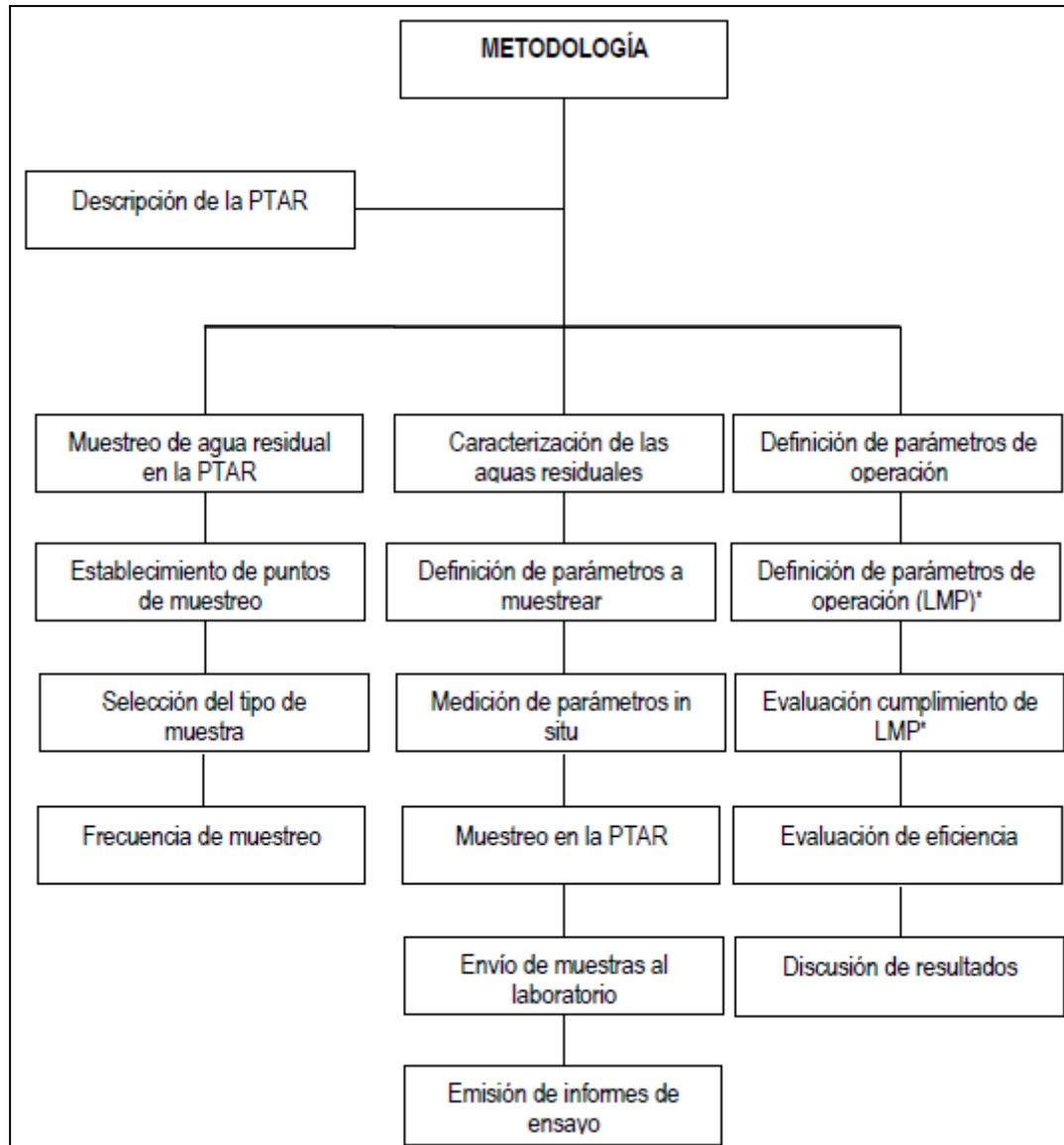
La metodología del trabajo de investigación utilizada en la presente investigación es la metodología por objetivos específicos, donde para dar cumplimiento a dichos objetivos se ha teniendo en cuenta el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, aprobado con R.M N° 273-2013-VIVIENDA.

#### Fase de Planificación:

En esta fase se ha ejecutado el correspondiente plan de trabajo, el cual incluye aspectos técnicos relacionados a la evaluación de la Planta de Tratamiento, los criterios de evaluación, los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual a evaluar, establecimiento de los puntos a monitorear y la frecuencia de muestreo.

Los pasos seguidos se muestran en la Figura 01, en la que se observa el proceso metodológico los cuales fueron: toma de muestras, caracterización de las aguas residuales, determinación de los parámetros de operación de la PTAR, evaluación de

cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP), determinación de la eficiencia a nivel de remoción de parámetros y por último la discusión de resultados.



**Figura 06:** Esquema de la metodología empleado para la evaluación de la eficiencia de la PTAR – Yunguyo.

**Fuente:** D.S. N° 003-2010-MINAM.

**Fase de campo.**

En esta fase se realizó la toma de muestras compuestas de aguas residuales, en dos (2) puntos de la PTAR, ésto de acuerdo a los criterios establecidos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, del Ministerio de Vivienda Saneamiento y

Construcción, aprobado mediante R.M N° 273-2013-VIVIENDA, para la primera muestra del agua residual cruda (afluente) nos ubicamos en la entrada del agua residual a la PTAR (Ver Anexos: Fotografía 09) y ubicamos el colector principal ubicado después del proceso de cribado para evitar los sólidos de gran tamaño y procedemos a recoger la muestra en un recipiente de 05 litros el cual posteriormente se embolsó para su análisis; para el caso de la muestra del agua residual tratada (efluente) nos ubicamos en la salida del PTAR (Ver Anexos: Figura 14 - 18) específicamente en el buzón de inspección de donde se recogió la muestra en volumen de 0.5 litros.

### **Fase de Evaluación.**

Para el cumplimiento de ésta fase se enviaron las 02 muestras para su respectivo análisis al Laboratorios de Ensayo Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL el cual cuenta con Registro N° LE 003 (Ver Anexo 01), dichos resultados se compararon con el promedio de valores de concentración de cada uno de los parámetros analizados con el valor del LMP del D.S. N° 003-2010-MINAM..

Para determinar la eficiencia de tratamiento, se aplicó la ecuación descrita en el numeral 2.1.7 del presente trabajo de investigación.

3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04. Operacionalización de las variables de Investigación.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Unidad de Medición	Categoría y Valores
<b>Variable Independiente.</b> Tratamiento de las aguas residuales	Conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final	Remoción de DBO5 Remoción de DQO Remoción de TSS Remoción de Aceites y Grasas Eliminación de Coliformes Termotolerant es	mg/L mg/L mg/L mg/L NMP/100ML	Numérico
<b>Variable Dependiente.</b> Eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo	Porcentaje de disminución del valor de los parámetros.	Eficiencia	Porcentaje	Numérico

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS.

Para una mejor organización del presente capítulo, se ha desagregado la información de acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con la presente investigación, pues se expondrán los resultados por objetivos general y específicos.

#### 4.2. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.

Para el cumplimiento del presente objetivo se ha tomado en cuenta el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, aprobado con R.M N° 273-2013-VIVIENDA. De la misma manera se ha procedido a las actividades como la toma de muestras (ver panel fotográfico en Anexos), las cuales de acuerdo al punto 3.2.2 del presente documento y conforme a la tabla 02 se procedieron a tomar las muestras correspondientes y posteriormente enviadas para su respectivo análisis al Laboratorios de Ensayo Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL el cual cuenta con Registro N° LE 003 (Ver Anexo 01).

Dichos resultados los mencionamos en la siguiente tabla.

**Tabla 05.** Resultados del análisis de laboratorio de los puntos de muestreo de la PTAR de Yunguyo.

PARÁMETRO	UNIDAD	PM1	PM2
		Entrada de PTAR	Salida de PTAR
Aceites y grasas	mg/L	30.6	4.2
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	16'000,000.00	9'200,000.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	mg/L	288	41.4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	623	92.8
pH	unidad	6.86	7.10
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	467	5.59
Temperatura	°C	15.6	16.4

**Fuente:** Elaborado a partir de los resultados de laboratorio del Anexo 03.

Como se puede apreciar en la tabla 05, se explica muy notoriamente la comparación entre los resultados obtenidos del agua residual antes de ser tratada (Columna: PM1 Entrada de PTAR) frente a los datos obtenidos después de ser tratada (Columna: PM2 Salida de PTAR), observándose un descenso o reducción de cada uno de los parámetros analizados, pues ésto ya a simple vista nos muestra que la PTAR si realiza un trabajo de remoción del agua residual.

Para el cálculo de la remoción de los parámetros planteados, no era necesario los valores del PH y la temperatura, sin embargo éstos resultados nos permitirán más adelante verificar el objetivo específico segundo de la presente investigación.

Ahora procederemos a calcular el porcentaje de remoción de cada uno de los parámetros propuestos, con la siguiente fórmula (Pacheco, 1993):

$$\% \text{ Eficiencia de Remoción} = \frac{(AP - EP)}{AP} \times 100$$

AP = Valores de Entrada a la PTAR.

EP = Valores de Salida de la PTAR

- Remoción del parámetro Aceites y Grasas en la PTAR Yunguyo.

Reemplazando valores en la fórmula anterior:

$$\% \text{ de Eficiencia de Remoción} = \frac{(30.6 - 4.2)}{30.6} \times 100 = 86.27 \%$$

Por lo tanto el nivel de remoción de la PTAR Yunguyo en el tratamiento de los Aceites y grasas es del **86.27%**.

- Remoción del parámetro Coliformes Termotolerantes en la PTAR Yunguyo.

Reemplazando valores en la fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia de Remoción} = \frac{(16'000,000.00 - 9'200,000.00)}{16'000,000.00} \times 100 = 42.50\%$$

Por lo tanto el nivel de remoción de la PTAR Yunguyo en el tratamiento de Coliformes Termotolerantes es del **42.50%**.

- Remoción del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 en la PTAR Yunguyo.

Reemplazando valores en la fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia de Remoción} = \frac{(288 - 41.4)}{288} \times 100 = 85.63\%$$

Por lo tanto el nivel de remoción de la PTAR Yunguyo en el tratamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 es del **85.63%**.

- Remoción del parámetro Demanda Química de Oxígeno en la PTAR Yunguyo.

Reemplazando valores en la fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia de Remoción} = \frac{(623 - 92.8)}{623} \times 100 = 85.10\%$$

Por lo tanto el nivel de remoción de la PTAR Yunguyo en el tratamiento de la Demanda Química de Oxígeno es del **85.10%**.

- Remoción del parámetro Sólidos Totales en Suspensión en la PTAR Yunguyo.

Reemplazando valores en la fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia de Remoción} = \frac{(467 - 5.59)}{467} \times 100 = 98.80\%$$

Por lo tanto el nivel de remoción de la PTAR Yunguyo en el tratamiento de los sólidos totales en suspensión es del **98.80%**.

#### 4.3. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.

Para el análisis de estos resultados se evaluado en base a los parámetros medidos en el PM2 (Salida de la PTAR), siendo los resultados obtenidos los siguientes:

**Tabla 06.** Comparación de los LMP con los resultados obtenidos en el efluente (PM1).

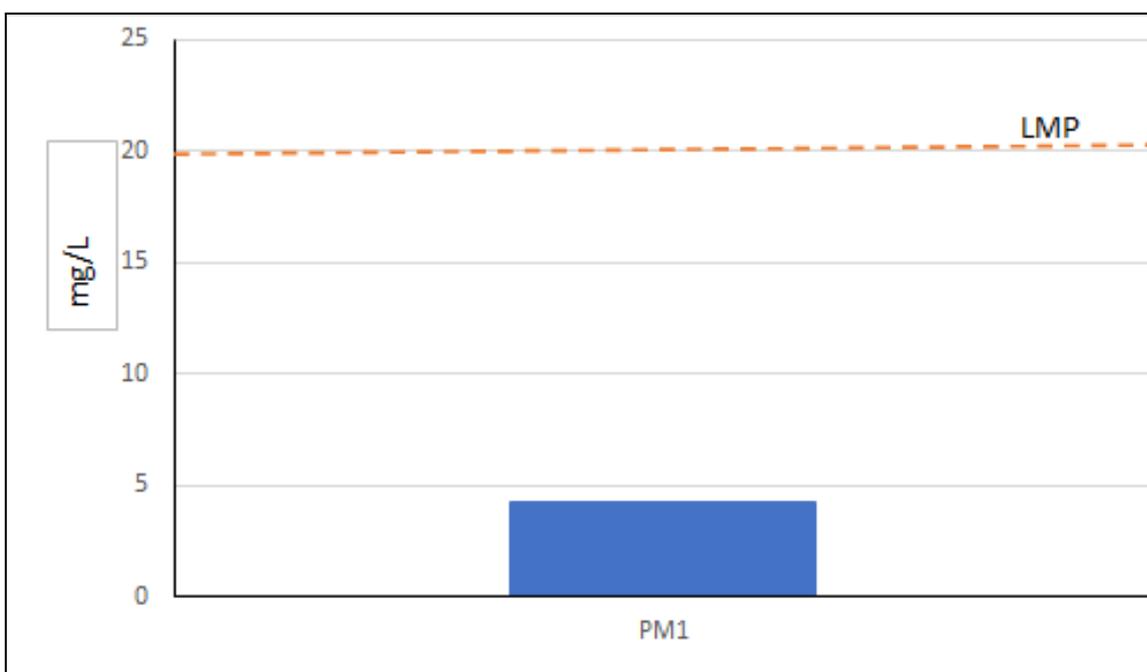
PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS	Resultados en el Efluente PM1
Aceites y grasas	mg/L	20	4.2
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000.00	9'200,000.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100	41.4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	92.8
pH	unidad	6.5 - 8.5	7.10
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150	5.59
Temperatura	°C	<35	16.4

Podemos observar en los resultados que se muestran en la tabla 06 que de 07 parámetros comparados, solamente 01 parámetro: el de Coliformes Termotolerantes con

un valor de 9'200,000.00 NMP/100 mL sobrepasa el LMP por ende supera el Límite Máximo Permisible, éstos resultados se pueden explicar de acuerdo a lo conversado con los administradores de la PTAR debido a la falta de tratamiento microbiológico, es decir la concentraciones como el caso del Hipoclorito de Sodio deben ser variadas, también se hace notorio la falta de procesos de tratamientos biológico que tienen en común la utilización de microorganismos (entre los que destacan las bacterias).

A continuación, debido a la importancia de cada uno de los parámetros comparados, realizaremos una comparación gráfica para poder observar la distancia y así apreciar el cumplimiento e incumplimiento de los LMP(s).

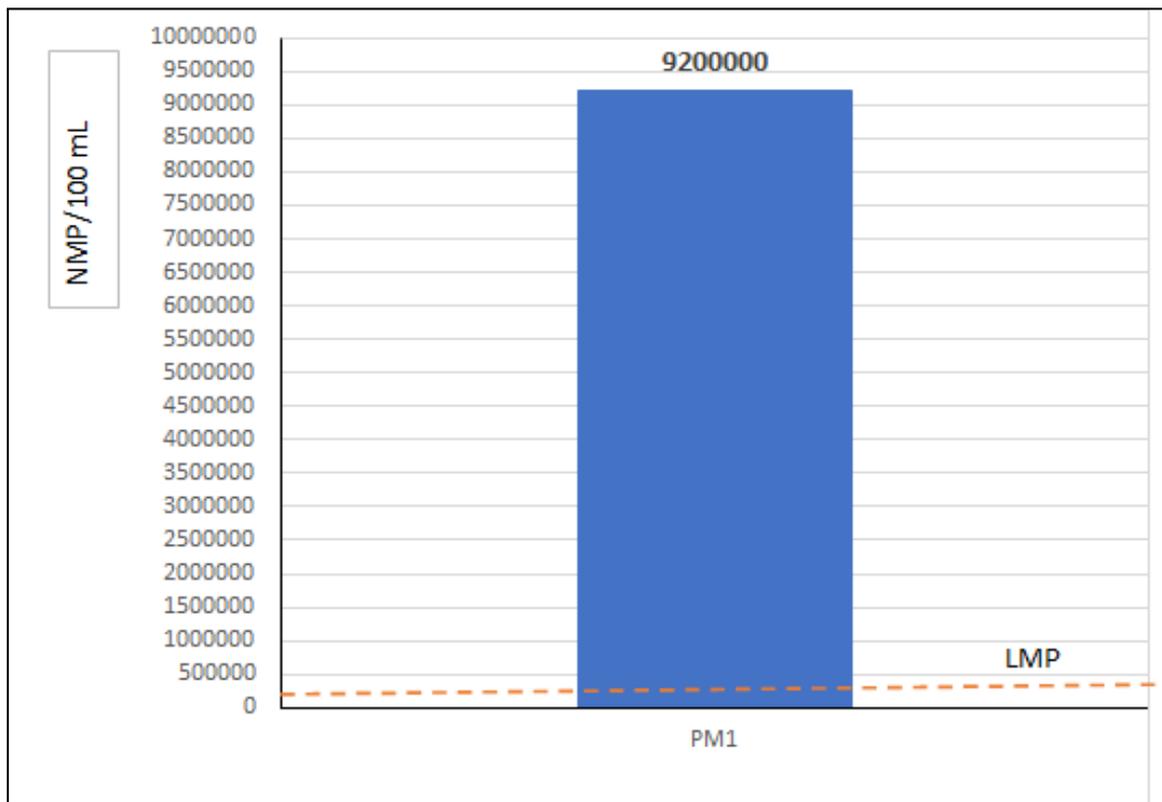
#### 4.3.1 Verificación del Cumplimiento de Parámetro Aceites y Grasas.



**Figura 07.** Valor del Parámetro de Aceites y grasas, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.

Como puede apreciarse en la figura anterior el parámetro de Aceites y grasas SI se cumple en un factor de proporción de 4 (20 mg/L) veces a 1: (4.2 mg/L), vemos que éste parámetro reducido a 4.2 mg/L se nota la eficiencia del proceso de Coagulación en la PTAR de Yunguyo, pues en ésta etapa se hace un tratamiento que casi llega a la eliminación de los mencionados líquidos grasos.

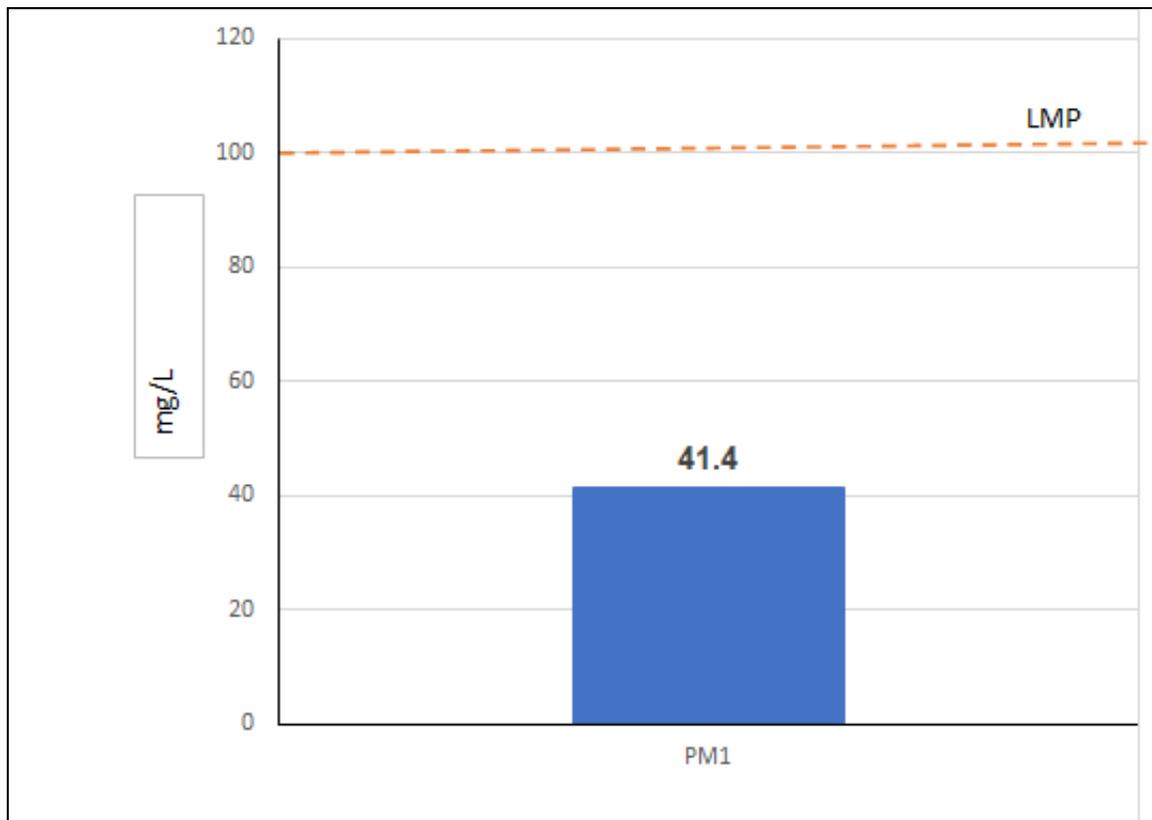
#### 4.3.2 Verificación del Cumplimiento de Parámetro Coliformes Termotolerantes.



**Figura 08.** Valor del Parámetro de Coliformes Termotolerantes, frente al Límite Máximo Permisible del MINAM.

Como puede apreciarse en la figura 08 el parámetro Coliformes Termotolerantes llega a un valor de 9'200,000.00 NMP/100 mL no cumpliendo la norma y además muy por encima del LMP, cuestión muy preocupante y que amerita una recomendación, el proceso para la eliminación de éste parámetro en la PTAR de Yunguyo se hace a través del proceso de cloración utilizando Hipoclorito de Calcio en una concentración del 60 - 65%, de acuerdo a nuestros resultados ameritaría una revisión de éste cálculo.

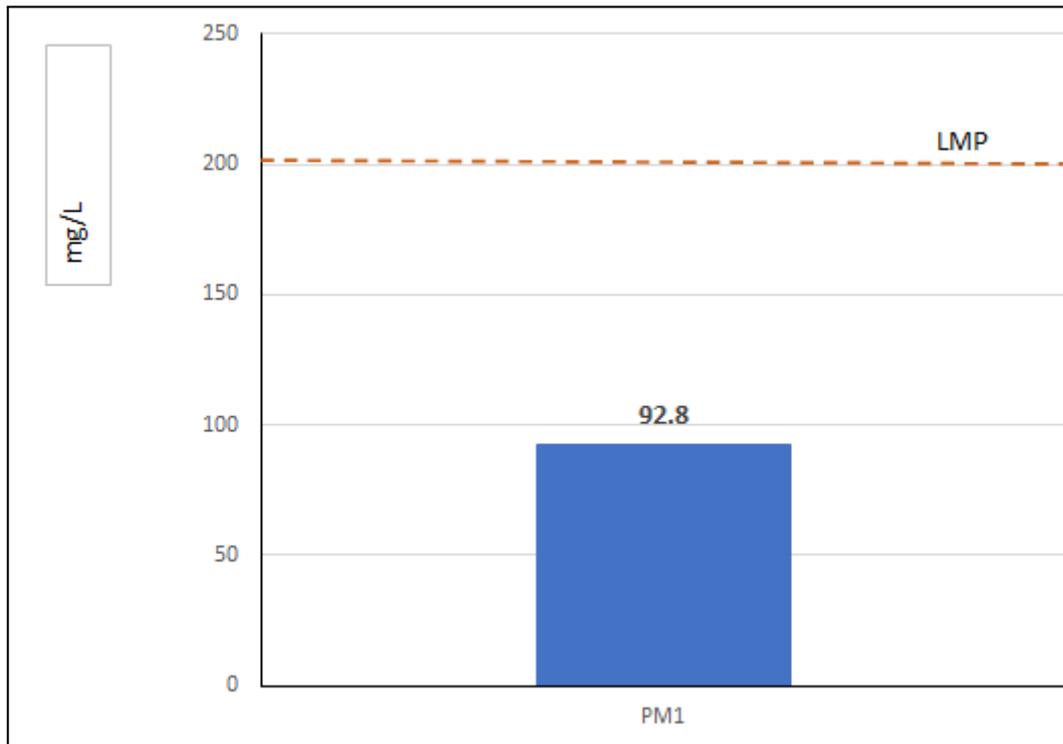
#### 4.3.3. Verificación del Cumplimiento del Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno.



**Figura 09.** Valor del Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, frente al Límite Máximo Permissible del MINAM.

Como puede apreciarse en la figura anterior el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno SI cumple con el LMP y en un factor de 2 a 1. Se debe explicar la importancia de éste parámetro, ya que cumple una función vital para que los microorganismos puedan descomponer (en condiciones aeróbicas) la materia orgánica presente en una muestra durante un período de tiempo y temperatura específicos, logrando con ello que los proceso de la naturaleza se den en forma normal.

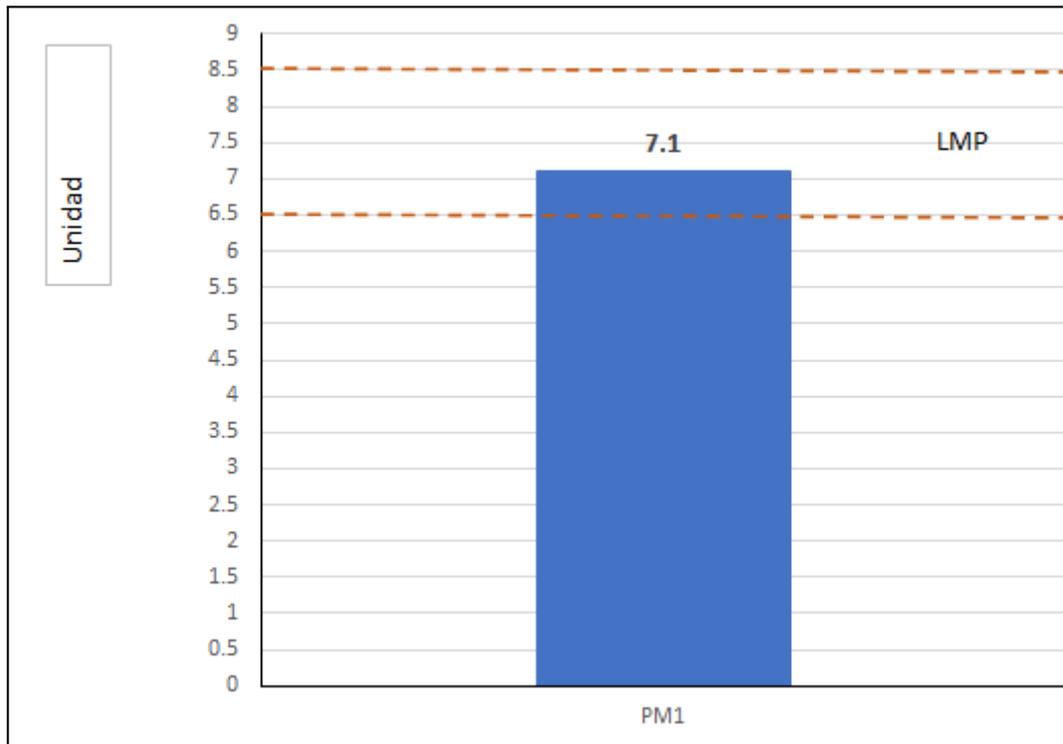
#### 4.3.4. Verificación del Cumplimiento del Parámetro Demanda Química de Oxígeno.



**Figura 10.** Valor del Parámetro Demanda Química de Oxígeno, frente al Límite Máximo Permissible del MINAM.

Debemos aclarar que la DQO es un parámetro esencial en el tratamiento de aguas y saneamiento, pues representa la cantidad de oxígeno necesario para descontaminar el agua procedente de la ciudad, de viviendas individuales, de aguas pluviales, del alcantarillado o de fosas sépticas, observando la anterior figura 10, vemos que el parámetro Demanda Química de Oxígeno SI cumple con el LMP y en un factor de 2 a 1, una apreciación más que podemos hacer es que la proporción de 2 a 1 es igual a la proporción del Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno.

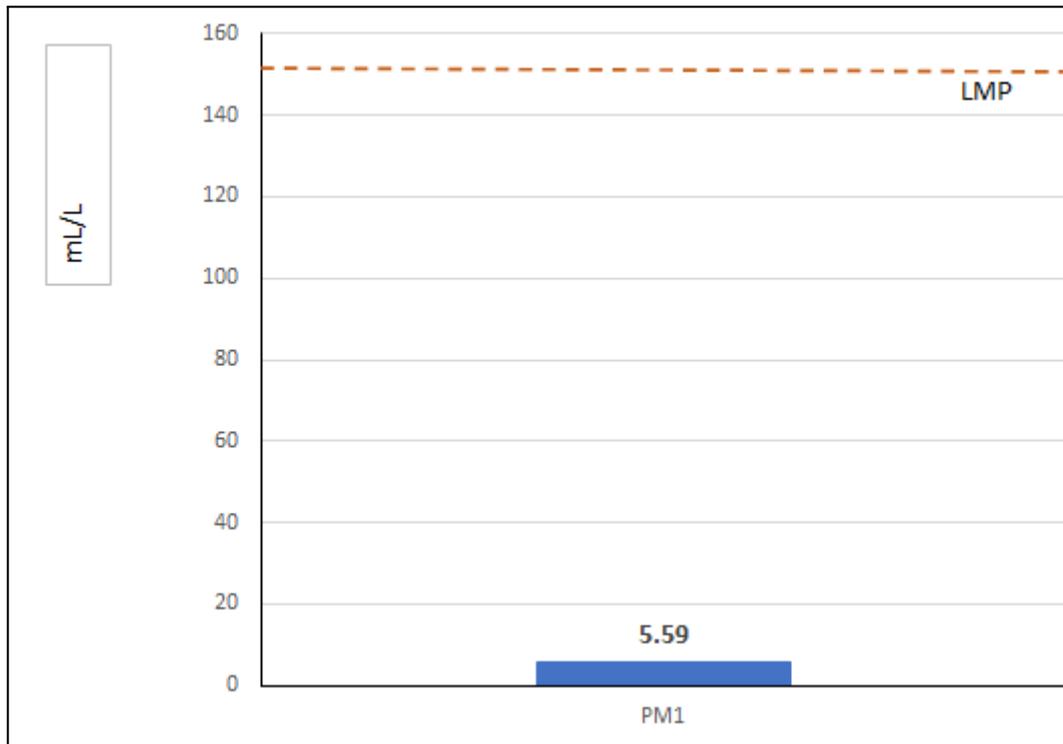
#### 4.3.5. Verificación del Cumplimiento del Parámetro pH.



**Figura 11.** Valor del Parámetro del pH, frente al Límite Máximo Permissible del MINAM.

Como se sabe y se puede observar en la figura anterior el potencial de Hidrógeno (pH) puede estar dentro de un rango del 6.5 al 8.8 para cumplir con el LMP, lo que se puede observar claramente que SI se cumple con éste parámetro, hacemos énfasis llegado a éste punto que la PTAR de Yunguyo procura mantener un pH de 8 a la entrada del floculador para optimizar el comportamiento del floculante y oxidante; esto es llevado a cabo con los mismos desperdicios de aseo de la planta, sin el uso de sustancias químicas adicionales, bajando el costo del proceso de purificación de agua.

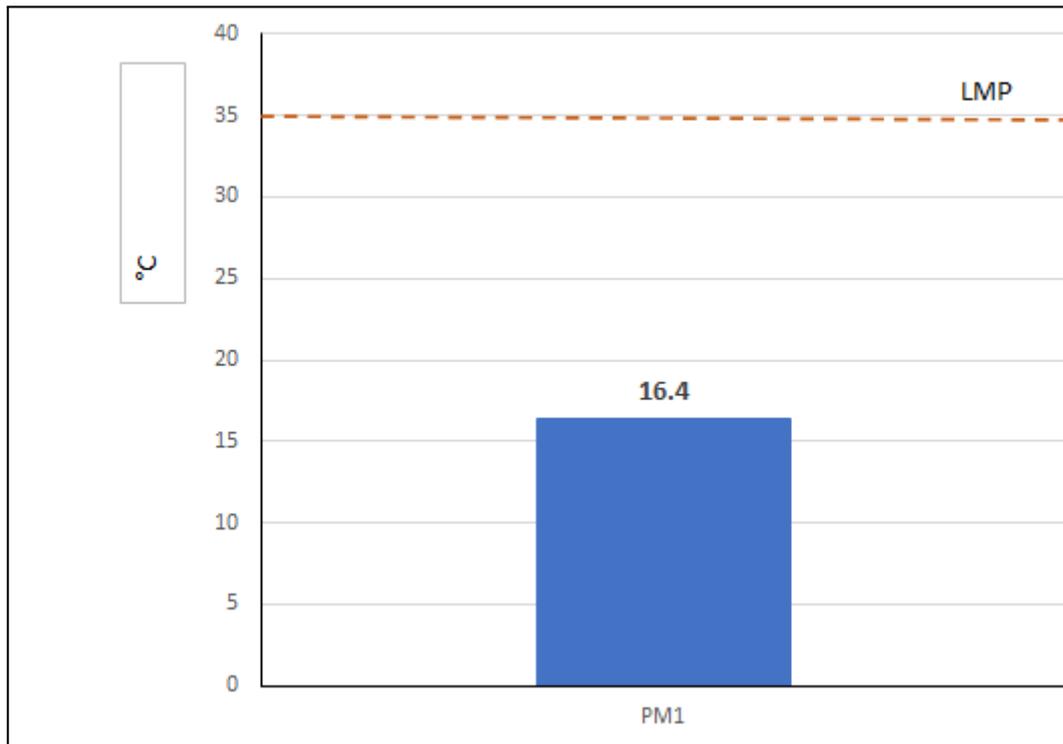
#### 4.3.6. Verificación del Cumplimiento del Parámetro Sólidos Totales en Suspensión.



**Figura 12.** Valor del Parámetro Sólidos Totales en Suspensión, frente al Límite Máximo Permissible del MINAM.

De acuerdo a la figura anterior SI se cumple con el LMP del MINAM y es muy notorio la ventaja con la que se cumple denotando un factor de 1 a 25, éste parámetro en la PTAR de Yunguyo tiene una eficiencia de remoción igual a **98.80%** (Ver apartado 4.2), lo cual significa que casi se llega a eliminar éste parámetro, es habla bien del tamaño de los pozos de sedimentación previos que se tiene en la PTAR así como los filtros correspondientes para su eliminación.

#### 4.3.7. Verificación del Cumplimiento del Parámetro Temperatura.



**Figura 13.** Valor del Parámetro Temperatura, frente al Límite Máximo Permissible del MINAM.

De la misma manera que en la mayoría de los casos de acuerdo a lo observado en el caso de la temperatura alcanza un valor 16.4 °C, por lo que cumple con el LMP, si bien éste parámetro no parece ser importante en la PTAR de Yunguyo ya que el objetivo es enfriar el agua y por la zona geográfica éste no suele ser un problema, pues el clima de la región tiende a ser frío durante todo el periodo del año, sin embargo debe resaltarse ésta característica ya que los flujos parciales de agua demasiado fría constituyen un problema, en especial para los reactores anaerobios, dado que el metabolismo de las bacterias depende de una temperatura mínima, en contraposición si el agua ingresa demasiado caliente en la etapa de tratamiento biológico puede dañarse la biomasa.

#### 4.4. RESPECTO AL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL.

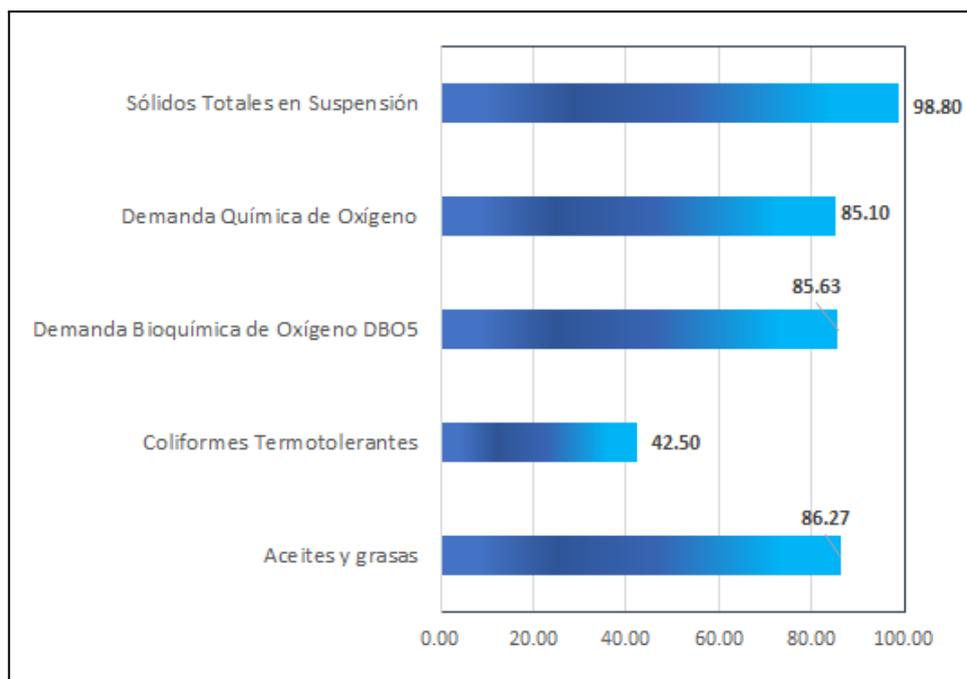
**Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, año 2022.**

Para analizar la eficiencia de la PTAR de Yunguyo deberemos de resumir primeramente los resultados obtenidos en el punto 4.2 de éste capítulo, donde se calcula la remoción de los 5 parámetros tratados en la PTAR, para ello lo desagregar en la siguiente tabla:

**Tabla 07.** Porcentaje de remoción por parámetro en la PTAR de Yunguyo.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>% Remoción</b>
Aceites y grasas	86.27
Coliformes Termotolerantes	42.50
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	85.63
Demanda Química de Oxígeno	85.10
Sólidos Totales en Suspensión	98.80
<b>PROMEDIO</b>	<b>79.66%</b>

En líneas generales de acuerdo a los resultados de la tabla 07 en promedio la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Yunguyo tiene una eficiencia del **79.66** %, explicando que la eficiencia se mide de acuerdo a la capacidad de remoción que posee la Planta, así mismo una perfecta remoción se daría cuando se alcanza valores del 100% lo que explicado se entiende que se ha removido o eliminado toda partícula, materia, organismo, químico o elemento de la sustancia en análisis que perturba al conjunto en sí.



**Figura 14.** Eficiencia de la PTAR explicada por parámetros evaluados.

De acuerdo a la figura 14 , vemos que la Planta es más eficiente tratando los sólidos totales en suspensión con un 98.80% (casi perfecto), seguido de DBO5 con una remoción de 86.63% lo cual también consideramos muy eficiente, le sigue el parámetro aceites y grasas con 86.27% y luego el parámetro demanda química de Oxígeno con una eficiencia de 85.10% y por último con un 42.50 % de eficiencia en la remoción de Coliformes termotolerantes, lo cual desde el punto de vista resultados, podríamos decir que no es bueno, puesto como se pudo observar en los resultados de cumplimiento del Límite Máximo Permissible de Efluentes para vertidos de cuerpos de agua NO cumple con éste parámetro.

#### **4.5. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.**

##### **4.5.1. Comprobación de la Hipótesis General.**

Dada la afirmación:

La Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, año 2022, no es eficiente.

Planteamos la Hipótesis Nula:

$H_0$  = La Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, año 2022, no es eficiente.

La Hipótesis Alternativa:

$H_1$  = La Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, año 2022, si es eficiente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 07: Porcentaje de remoción por parámetro de la PTAR Yunguyo y lo observado en la Figura 14: Eficiencia de la PTAR explicada por parámetros evaluados, se concluye que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Yunguyo tiene una eficiencia del **79.66 %**, por ende se Rechaza la hipótesis Nula y se **acepta la hipótesis alterna  $H_1$** .

#### 4.5.2. Comprobación de la Hipótesis Específica 1.

Dada la hipótesis: La remoción de los parámetros: Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente.

Planteamos la Hipótesis Nula:

$H_0$  = La remoción de los parámetros: Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente.

La Hipótesis Alternativa:

$H_1$  = La remoción de los parámetros: Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de

Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales si es eficiente.

Por los resultados obtenidos en la Tabla 05. Resultados del análisis de laboratorio de los puntos de muestreo de la PTAR de Yunguyo, se concluye que SI existe grado de remoción en cada uno de los parámetros, sin embargo se debe aclarar que en el parámetro Coliformes Termotolerantes el porcentaje de eficiencia llega solamente al 42.50%, concluyendo que si eficiencia ya que en los demás parámetros se pasa el valor de 75%., por lo que se **rechaza la  $H_0$**  y se acepta la  $H_1$ .

#### **4.5.3. Comprobación de la Hipótesis Específica 2.**

Dada la hipótesis específica 2: La PTAR de Yunguyo no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010-MINAM.

Planteamos la Hipótesis Nula:

$H_0$  =La PTAR de Yunguyo no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010-MINAM..

La Hipótesis Alterna:

$H_1$  = La PTAR de Yunguyo **si** cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010-MINAM..

Por los resultados obtenidos Tabla 06. Comparación de los LMP con los resultados obtenidos en el efluente (PM1), se concluye que de 7 parámetros comparados 6 sí cumplen con los LMP y solamente 01 parámetro: Coliformes Termotolerantes no cumple con los LMP; por lo que se **rechaza la  $H_1$**  y se acepta la  $H_0$ .

#### 4.6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Este apartado nos concentramos en la eficiencia de la PTAR Yunguyo respecto a los parámetros: Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH y Sólidos Totales en Suspensión, Temperatura, así pues comparando nuestros resultados con el de Arroba y Ávila (2015), es la tesis denominada “Evaluación del Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de un Campus Universitario”, realizado en la planta de tratamiento de agua residual del Campus San Alberto Magno en Bogotá Colombia encuentran una eficiencia en remoción de demanda bioquímica de oxígeno es del -12% frente al de la PTAR de Yunguyo obteniendo un valor de 85.10% valor que es por demás muy bueno.

Una comparación de nuestros resultados es con la investigación de Bejarano y Escobar (2015) ya que ellos analizan la eficiencia de la utilización de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas en una PTAR ubicada al norte de la ciudad de Bogotá, pues ellos hallaron una eficiencia remoción de un 79.8 % de carga orgánica, justo en donde en nuestros resultados a nivel de carga orgánica (Coliformes Termotolerantes) tenemos un rendimiento del 42.50%, por ende, se podría recomendar el método utilizado para el tratamiento de parámetros microbiológicos.

Girando un poco al entorno nacional Quispe (2019), en su trabajo de investigación sobre la eficiencia en el tratamiento de demanda química y bioquímica de oxígeno la PTAR de la ciudad de Celendín (Colombia); nos muestra resultados muy alentadores habiendo calculado una eficiencia del 69.78 %; datos que son superados en eficiencia en nuestra investigación, pues en en remoción de DQO tenemos un 85.10% y en DBQO un 85.63 haciendo un promedio de 85%, explica también lo sofisticado y el tamaño de la infraestructura de la PTAR de Yunguyo, cabe resaltar que Quispe (2019) aclara que si cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la normativa vigente del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo en el año 2022, se determinó en base al cálculo de la remoción de 5 parámetros: aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno DBO5, demanda química de oxígeno y sólidos totales en suspensión parámetros que de acuerdo a su porcentaje se ha alcanzado un valor de **79.66%**.

**SEGUNDA:** La remoción de los parámetros en la PTAR Yunguyo, se calculó mediante el porcentaje de remoción por parámetros, obteniendo los siguiente valores: para los aceites y grasas una remoción de 86.27%, coliformes termotolerantes con 42.50%, DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días) 85.63%, DQO (demanda química de Oxígeno) con 85.10%, TSS (sólidos totales en suspensión) 98.80; de todos los resultados observamos que para el parámetro sólidos totales en suspensión tenemos una remoción casi perfecta.

**TERCERA:** Los parámetros analizados en la PTAR de Yunguyo comparados con los "Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR según D.S. N° 003-2010-MINAM", se ha verificado los siguientes resultados: de siete parámetros comparados, 6 cumplen con la normatividad, siendo ellos: aceites y grasas con 4.2 mg/L, demanda bioquímica de Oxígeno con 41.4 mg/L, demanda química de Oxígeno con 92.8 mg/L, pH 7.10, sólidos totales en suspensión con 5.59 mL/L y temperatura con 16.4 °C; y 1, el correspondiente al parámetro coliformes termotolerantes con 9'200,000.00 NMP/100 mL no cumple.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** A la municipalidad provincial de Yunguyo a través de los administradores de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Yunguyo, seguir promocionando e incentivando actividades de investigación relacionadas a temas medioambientales y sobre todo que permita la retroalimentación de la información de forma permanente.

**SEGUNDO:** A los investigadores de líneas de investigación afines al control de aguas residuales, debido a que nuevas técnicas, nuevas metodologías están constantemente en evaluación y la innovación en éste área sería de gran aporte.

**TERCERO:** La Gerencia Municipal de Yunguyo que le corresponde la operación de la PTAR, para superar las deficiencias en cuanto al parámetro coliformes Termotolerantes, realizar un tratamiento apropiado para controlar los LMP del componente microbiológico de las aguas residuales tratadas.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ANA. (2016). Autoridad Nacional del Agua considera eficiente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de provincia puneña de Yunguyo. Drupal. <http://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-considera-eficiente-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de>
- Andrade, R. (2020). Evaluación de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, región Puno—2020. Universidad Privada San Carlos.
- 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.
- Arroba, C., & Ávila, D. (2015). EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO [UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE COLOMBIA]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9408/%C3%81vilaDavid2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bejarano Novoa, M., & Escobar Carbajal, M. (2015). Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual [Universidad de la Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/299?utm\\_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing\\_ambiental\\_sanitaria%2F299&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/299?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_ambiental_sanitaria%2F299&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages)
- Calzada, F., & Martínez del Pozo, J. (2012). Proyecto diseño de un sistema industrial de enfriamiento con agua de refrigeración para un complejo industrial en Lima. Universidad Pontificia Icaí Icade Comillas.
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. (2022, febrero 11). <https://www.youtube.com/@MinisteriodelAmbientePeru>
- Fernández, G., & Soria, R. (2019). EFICIENCIA DE LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA

BIOQUIMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PROVINCIA DE JAÉN.  
<https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/260/1/TI%20Fern%c3%a1ndez%20Soria%20FINAL%20IA.pdf>

Martínez, K., & Solís, C. (2014). ANALISIS COMPARATIVO DE COAGULANTES, FLUCULANTES Y DECANTACIÓN LASTRADA APLICADOS EN EL PROCESO DE ELIMINACION DE AGENTES CONTAMINANTES EN UN SISTEMA DE AFLUENTES. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

Martínez, M. (2016). EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CELENDÍN. [Universidad Nacional de Cajamarca].  
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1760/TESIS%20MANUEL%20DAVID%20MARTINEZ%20BARDALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mercado Guzmán, Á. R., Cossío Grágeda, C. X., & Copa Mitma, M. (2020). Eficiencia vinculada a la operación y mantenimiento de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova*, 9(4), 524-542.

Metcalf, & Eddy. (1996). *Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización* (McGraw-Hill).

Municipalidad Yunguyo. (2011). Memoria descriptiva del Proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PATR Yunguyo.

Muñoz, J., & Ramos, R. (2014). Reactores discontinuos secuenciales: Una tecnología versátil en el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 24, 49-66. <https://doi.org/10.18359/rcin.7>

OEFA. (2014). FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiKiO3s5a\\_-AhUhlkGHAmqAMwQFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.oefa.gob.pe%2F%3Fwfpb\\_dl%3D7827&usg=AOvVaw3IRJYT3\\_](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiKiO3s5a_-AhUhlkGHAmqAMwQFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.oefa.gob.pe%2F%3Fwfpb_dl%3D7827&usg=AOvVaw3IRJYT3_)

YX5AgFioTIH5zs

Pacheco, V. (1993). Control de calidad en plantas de tratamiento. Perú.

Quispe, F. (2019). EFICIENCIA DEL USO DE MICROORGANISMOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL 2015.

QUISPE, J., Ortega, P., Ramos, E., & Sanchez, B. (2016). PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE YUNGUYO. <https://es.scribd.com/doc/295486436/Proyecto-Planta-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Ptar-Yunguyo>

Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Saéñz, R. (1985). Lagunas de estabilización y otros sistemas de simplificados para el tratamiento de aguas residuales. CEPIS.

SUNASS. (2013). Propuesta del Proyecto de Estudio Tarifario. [https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/re9\\_2013cd\\_informe.pdf](https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/re9_2013cd_informe.pdf)

**ANEXOS**

**ANEXO 01. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: (*Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, 2022*)

ANEXO 02. INFORME DE ENSAYO, DATOS GENERALES DEL ANÁLISIS

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

**INACAL**  
D.A. 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:** 2022-12-12

**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 - RTAR

**Acta de Inspección:** 22A00013158606

**Cantidad de Muestras para el Ensayo:** 7.0 Litros

**Forma de Presentación:** En Envase de Plástico Y Vidrio, Cerrado Y Preservado

**Identificación de la muestra:** Según se indica

**Fecha de recepción:** 2022-12-13

**Fecha de Inicio del ensayo:** 2022-12-13

**Fecha de término del ensayo:** 2022-12-24

**Ensayo realizado en:** Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa

**Identificado con:** HS 22002320 (EXMA-02527-2022)

**Validez del documento:** Este documento es válido solo para la muestra descrita

Puntos de muestreo	Proyecto	Coordenadas UTM	Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
EST.	NORTE			

**PTAR Yunguyo-Ingreso** 19K488205.66 8202226.07

**PTAR Yunguyo-Salida** 19K48317.84 8202206.96

**LABORATORIO CERPER**

**AREQUIPA** Calle Teniente Rodríguez N° 4415  
Miraflores Arequipa T. (054) 266572

**CALLAO** Oficina Principal Av. Santa Rosa 601, La Perla Callao  
T. (511) 319 9000

Info@cerper.com www.cerper.com

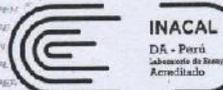
ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE. EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

Fuente: Imagen digital del Original del Informe emitido por el Laboratorio CERPER.

ANEXO 03. INFORME DE ENSAYO, RESULTADOS DE ANÁLISIS 1.



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



INACAL  
D.A. - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 003

**INFORME DE ENSAYO N° 2-01321/22** Página 23

Estación de Muestreo	PTAR - Yunguyo-Ingaso	PTAR - Yunguyo-Salida
Fecha y Hora de Muestreo	2022-12-18 16:00	2022-12-18 15:30
Tipo de Muestra	Aguá Residual	Aguá Residual

Parámetro	Límite de Defección	Unidad	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Analizados en Campo</b>				
(2) Oxígeno Disuelto		mg/L	0,09	4,00
(2) Temperatura		°C	16,4	16,4
(2) pH		Unidades de pH a 25 °C	6,86	7,10
<b>Parámetros Físico-Químicos</b>				
Sólidos Suspéndidos Totales	2,5	mg/L	457	5,58
<b>Parámetros Orgánicos</b>				
Acidos y Grasas	0,5	mg/L	30,8	4,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	2,0	mg/L	288	41
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mg/L	623	82,8
<b>Parámetros Microbiológicos</b>				
Coliformes Termotolerantes	1,8	NMP/100 mL	16 000 000	8 200 000
(2) In Situ				

**CONTROLES DE CALIDAD**

**Parámetros Microbiológicos**

Ensayos	Control	Codo	Caldo ECA-1	Caldo EC	AcaumifCO
(+) E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento		
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+) E.aerogenes Sin crecimiento	(+) E.aerogenes Sin crecimiento	(+) E.aerogenes Sin crecimiento		
(-) Bifido	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento		

Ensayos	B.M.		Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	Límite Detección	FB					
Sólidos Suspéndidos Totales (LD: 2,5 mg/L)	5,28	99,9	85% - 115%				5,58
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	201,5	198 ± 30,5					420%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg/L)	95,4	85% - 115%					420%

**AREQUIPA**  
Calle Tonloro Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 266572  
info@cerper.com

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

Fuente: Imagen digital del Original del Informe emitido por el Laboratorio CERPER.

ANEXO 04. INFORME DE ENSAYO, RESULTADOS DE ANÁLISIS 2.

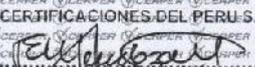
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**CERPER ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LE 003**

**INACAL**  
 DA - Perú  
 Laboratorio de Ensayo  
 Acreditado

Registrio N° LE - 003

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

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayo	BM	LF3	Criterio de aceptación	LFM/ ORP	LFMD DRP-DUP	RF0	Criterio de aceptación
Aceites y grasas (L.D. 0,50 mg/L)	< 0,50	93,97	78-114%	37,59	37,65	0,06	5-14%
<b>Métodos</b> B.M: Blanco del Método L.F: Blanco Fortificado de Laboratorio L.F.M: Matriz Fortificada de Laboratorio L.F.M.D: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio % R.P.D: Diferencia Porcentual Relativa							
<b>MÉTODOS</b>							
Acáites 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 Coliformos 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 Química de Oxígeno (DQO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Titrimetric Method Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test Colorimétrico Método (2) Oxígeno Disuelto en Campo: ASTM D885-18, 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 103-105 °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, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method (2) in Situ							
<b>OBSERVACIONES</b>							
Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.							
<b>CERTIFICACIONES DEL PERU - S.A</b>							
 <b>Lic. Edda Mendoza Mamani</b> <b>JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA</b>							
"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 TAAC e ILAC."							
AREQUIPA				CALLAO			
Calle Teniente Rodríguez N° 1415 Miraflores - Arequipa T. (054) 265572				Oficina Principal Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao T. (511) 319 9000			
info@cerper.com				www.cerper.com			

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIÓNADO CONFORME A LA LEY.

Fuente: Imagen digital del Original del Informe emitido por el Laboratorio CERPER.

## ANEXO 05. GALERÍA FOTOGRÁFICA



Fotografía 01. Exterior de la PTAR de Yunguyo.



Fotografía 02. Compresores Sala de Sopladores



Fotografía 03. Grupo electrogeno



Fotografía 04. Equipo compacto separador de residuos sólidos, arenas y grasas.



Fotografía 05. Sala de tableros



Fotografía 06. Sala de tablero Automático



**Fotografía 07.** Coordinación para la toma de muestras en el Afluyente del PTAR



**Fotografía 08.** Elección del punto de muestreo de la recepción del aguas residuales.



**Fotografía 09.** Inicio de la toma de muestras del Afluyente.



Fotografía 10. Observación de la muestra.



Fotografía 11. Selección de la muestra.



Fotografía 12. Oficina y laboratorio



**Fotografía 13.** Selección del punto del Efluente.



**Fotografía 14.** Observación de la zona donde se recopiló la muestra P2



**Fotografía 15.** Observación de las muestras en el P2



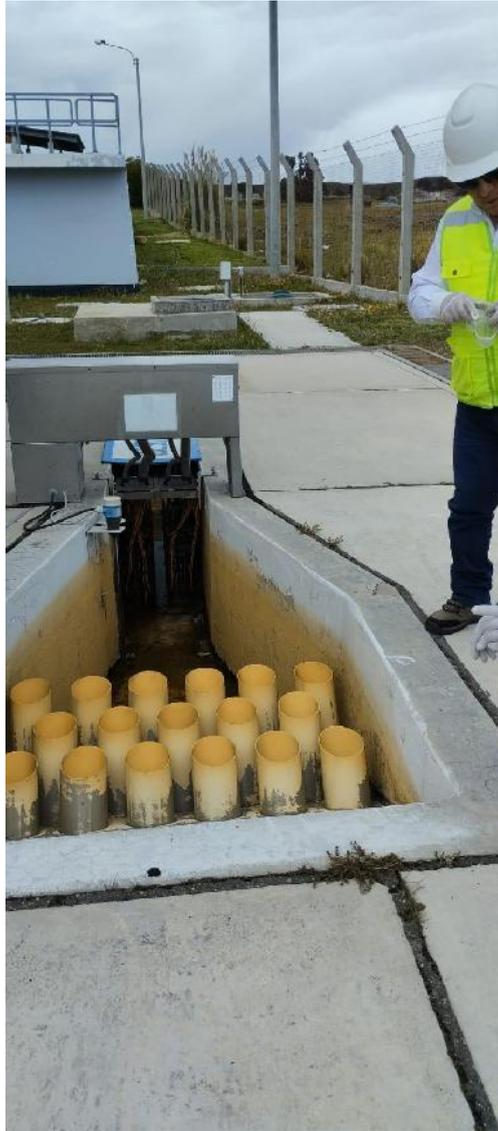
**Fotografía 15.** Recopilando la muestra P2.



**Fotografía 16.** Recopilando la muestra P2.



**Fotografía 17.** Desinfección UV



Fotografía 18. Vertedero final



Fotografía 19. ICEAS Sistema de Aireación Extendidas por Ciclos Intermitentes



**Fotografía 20. Bombas sumergibles que extraen lodo**



**Fotografía 21. ICEAS Reactores biológicos oxigenación**

ANEXO 06. Matriz de Consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, año 2022?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo, año 2022.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b></p> <p>La planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo es eficiente.</p>	<p><b>V. INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Tratamiento de las aguas residuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de Aceites y Grasa</li> <li>• Concentración de Coliformes Termotolerantes</li> <li>• Concentración de DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días)</li> <li>• Concentración de DQO (Demanda Química de Oxígeno).</li> <li>• PH</li> <li>• Concentración de TSS (Sólidos Suspendedos Totales)</li> <li>• Temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía de Observación.</li> <li>• Pruebas de Rendimiento</li> <li>• Gráficos de Control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de Datos, mediante observación y registro.</li> <li>• Limpieza de Datos para la conciliación en tablas.</li> <li>• Estructuración de los datos.</li> <li>• Determinación del Rangos de los LMP mediante estadística descriptiva.</li> </ul>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuánto será la remoción de Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Yunguyo, año 2022?</li> <li>• ¿Cuál es el resultado de comparar los parámetros de la PTAR de Yunguyo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010-MINAM?</li> </ul>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la remoción Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Yunguyo, año 2022.</li> <li>• Comparar cada parámetro con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR según D.S. N° 003-2010-MINAM.</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La remoción de Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), TSS (Sólidos totales en suspensión) en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Yunguyo es MUY ALTA.</li> <li>• La PTAR de Yunguyo cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 003-2010-MINAM.</li> </ul>	<p><b>V. DEPENDIENTE:</b></p> <p>Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales</p>			

