

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ -

AZÁNGARO, 2025

PRESENTADO POR:

MARCO ANTONIO CHOQUE PARARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



17.18%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 4 DEC 2025, 7:22 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL 2.95%
● CHANGED TEXT 14.22%

Report #30453043

MARCO ANTONIO CHOQUE PARARI // EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO, 2025 RESUMEN Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del centro poblado de Sollocota, ubicado en el distrito de San José, provincia de Azángaro, con el fin de determinar su cumplimiento respecto a la normativa ambiental peruana establecida en el D.S. N.º 003-2010-MINAM. La investigación se desarrolló a partir del análisis de dos muestreos de agua, comparando la calidad del afluente (antes del tratamiento) y del efluente (después del tratamiento). Se evaluaron parámetros fisicoquímicos como demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas, así como el parámetro microbiológico coliformes termotolerantes. Los resultados obtenidos fueron: DBO₅ de 41.3 mg/L, SST de 142 mg/L, aceites y grasas de 17.15 mg/L y coliformes termotolerantes <10 NMP/100 mL, todos ellos por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa. La planta opera de manera adecuada, garantizando que el agua tratada no represente un riesgo para el medio ambiente según la legislación vigente. El sistema mostró una alta eficacia en la desinfección y remoción de coliformes termotolerantes (83%) y un buen desempeño en la eliminación de materia orgánica biodegradable, con una remoción de DBO₅

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

TESIS

**EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ -**

AZÁNGARO, 2025

PRESENTADA POR:

MARCO ANTONIO CHOQUE PARARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 17 de diciembre del 2025.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional y por ser mi fuente de inspiración en cada paso que doy.

A mis Docentes, por compartir conmigo su sabiduría, paciencia, su conocimiento y su experiencia.

A mi Familia y seres queridos, por su comprensión, ánimo y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles.

A todos aquellos que, de una forma u otra, me han acompañado y contribuido a la realización de esta tesis, mi más sincero agradecimiento

AGRADECIMIENTOS

- Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional para el desarrollo de mi región.
- Agradezco a mi familia por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser mi fuente constante de motivación.
- A los miembros de jurado calificador, por ser parte de esta investigación
- A mi asesor por brindarme el apoyo y la orientación para la culminación de esta investigación

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	14
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES REGIONALES	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. MARCO REFERENCIAL	22
2.1.2. MARCO CONCEPTUAL	23
2.1.3. MARCO NORMATIVO	26
2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	28
2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	28
2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	29
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	30
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	30
3.3.1. MUESTREO	30
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	30
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	31

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO, 2024, DE ACUERDO A LOS LMP DS. N° 003-2010-MINAM.	33
4.1.1. EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES	33
4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS	

FISICOQUÍMICOS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO Y COMPARAR CON LOS LMP DS. N° 003-2010-MINAM.	37
4.1.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO Y COMPARAR CON LOS LMP DS. N° 003-2010-MINAM.	43
4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS	46
4.3. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	46
4.3.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	46
4.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	47
4.4.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	48
4.4. DISCUSIÓN	48
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Límites máximos permisibles para efluentes	27
Tabla 02: Coordenadas del punto de muestreo	30
Tabla 03: Operacionalización de variables	31
Tabla 04: Resultados de análisis Aceites y grasas	37
Tabla 05: Resultados de análisis DBO5	38
Tabla 06: Resultados de análisis DQO	39
Tabla 07: Resultados de análisis pH	40
Tabla 08: Resultados de análisis SST	41
Tabla 09: Resultados de análisis Temperatura	42
Tabla 10: Resultados de análisis Coliformes termotolerantes	43
Tabla 11: Resumen de los resultados de análisis de aguas residuales de la PTAR Sollocota.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la PTAR Sollocota	29
Figura 02: Promedio de resultados de eficiencia de la PTAR Sollocota	36
Figura 03: Primera toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.	62
Figura 04: Primera toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.	62
Figura 05: Segunda toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.	63
Figura 06: Segunda toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.	63
Figura 07: Primera toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.	64
Figura 08: Primera toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.	64
Figura 09: Segunda toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.	65
Figura 10: Segunda toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.	65
Figura 11: Resultado de análisis físico químico y microbiológico de agua residual. primer muestreo	66
Figura 12: Resultado de análisis físico químico y microbiológico de agua residual. segundo muestreo	67

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ-AZÁNGARO, 2024	59
Anexo 02: DS. N° 003-2010-MINAM.	60
Anexo 03: Panel fotográfico	62
Anexo 04: Certificado de análisis	66

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del centro poblado de Sollocota, ubicado en el distrito de San José, provincia de Azángaro, con el fin de determinar su cumplimiento respecto a la normativa ambiental peruana establecida en el D.S. N.° 003-2010-MINAM. La investigación se desarrolló a partir del análisis de dos muestreos de agua, comparando la calidad del afluente (antes del tratamiento) y del efluente (después del tratamiento). Se evaluaron parámetros fisicoquímicos como demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas, así como el parámetro microbiológico coliformes termotolerantes. Los resultados obtenidos fueron: DBO_5 de 41.3 mg/L, SST de 142 mg/L, aceites y grasas de 17.15 mg/L y coliformes termotolerantes <10 NMP/100 mL, todos ellos por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa. La planta opera de manera adecuada, garantizando que el agua tratada no represente un riesgo para el medio ambiente según la legislación vigente. El sistema mostró una alta eficacia en la desinfección y remoción de coliformes termotolerantes (83%) y un buen desempeño en la eliminación de materia orgánica biodegradable, con una remoción de DBO_5 del 53%. No obstante, la eficiencia fue moderada a baja en otros parámetros, como los sólidos suspendidos totales (49.54%), aceites y grasas (44.00%) y la demanda química de oxígeno (60.11%). En conclusión, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del centro poblado de Sollocota cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.° 003-2010-MINAM, lo que confirma su eficiencia en el tratamiento del agua residual.

Palabras clave: Aguas residuales, Eficiencia, Planta de tratamiento, Remoción.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficiency of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) in the rural community of Sollocota, located in the district of San José, province of Azángaro, in order to determine its compliance with Peruvian environmental regulations (Supreme Decree No. 003-2010-MINAM). The research was based on the analysis of two water samples, comparing the quality of the wastewater before treatment (influent) and after treatment (effluent). Physicochemical parameters such as biochemical oxygen demand (BOD_5), total suspended solids (TSS), oils and greases, as well as the microbiological parameter thermotolerant coliforms, were evaluated. The results obtained were: BOD_5 at 41.3 mg/L, TSS at 142 mg/L, oils and greases at 17.15 mg/L, and thermotolerant coliforms <10 MPN/100 mL, all of which were below the Maximum Permissible Limits established by the regulation. The plant operates adequately, ensuring that the treated water does not pose an environmental risk according to current legislation. The system demonstrated high effectiveness in the disinfection and removal of thermotolerant coliforms (83%) and good performance in the removal of biodegradable organic matter, with a BOD_5 reduction of 53%. However, its efficiency was moderate to low for other parameters, such as total suspended solids (49.54%), oils and greases (44.00%), and chemical oxygen demand (60.11%). In conclusion, the Wastewater Treatment Plant of the Sollocota community complies with the Maximum Permissible Limits established in Supreme Decree No. 003-2010-MINAM, confirming its efficiency in wastewater treatment.

Keywords: Wastewater, Efficiency, Treatment plant, Removal.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua segura y el saneamiento adecuado son pilares fundamentales para el desarrollo sostenible, la salud pública y la preservación del medio ambiente. En este contexto, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) desempeñan un rol crucial al mitigar el impacto de las descargas de origen doméstico e industrial sobre los cuerpos receptores, contribuyendo así a la protección de los ecosistemas acuáticos y la prevención de enfermedades hídricas. Sin embargo, la mera existencia de una PTAR no garantiza su óptimo funcionamiento ni la protección efectiva del medio ambiente y la salud de la población. La eficiencia de estas infraestructuras depende de múltiples factores, incluyendo su diseño, la tecnología empleada, la correcta operación y mantenimiento, así como las características del agua residual afluente. (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2023)

En muchas comunidades, especialmente en centros poblados de menor tamaño o en zonas rurales, las PTAR pueden enfrentar desafíos particulares que comprometen su eficiencia. Estos pueden incluir limitaciones en recursos técnicos y financieros, falta de personal capacitado, o diseños que no se ajustan adecuadamente a las condiciones locales. La evaluación periódica y rigurosa del desempeño de estas plantas es, por lo tanto, indispensable para identificar deficiencias, optimizar procesos y asegurar que cumplan con los objetivos para los cuales fueron concebidas y cumplir con los Límites Máximos Permisibles para aguas residuales establecidos con el DS. N° 003-2010-MINAM. (Ministerio del Ambiente, 2010)

El Centro Poblado Sollocota, ubicado en el distrito de San José, provincia de Azàngaro, departamento de Puno, cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales destinada a gestionar los efluentes generados por sus habitantes. Este trabajo se enfoca en determinar la eficiencia operativa de dicha planta, analizando su capacidad para

remover contaminantes y cumplir con los límites máximos permitidos para aguas residuales establecidos.

Este estudio es de particular relevancia para el centro poblado de Sollocota, ya que sus resultados permitirán conocer el estado actual del tratamiento de sus aguas residuales, identificar posibles puntos críticos en el proceso y, eventualmente, proponer recomendaciones para mejorar su rendimiento. Asimismo, busca contribuir al conocimiento sobre el funcionamiento de PTAR en contextos similares, ofreciendo información valiosa para la gestión sostenible del recurso hídrico a nivel local y regional.

Para alcanzar este objetivo, la investigación se centrará en realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos clave en el afluente y efluente de la PTAR, la comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles, y la evaluación de la eficiencia de la planta. Se espera que los hallazgos de este trabajo proporcionen una base sólida para la toma de decisiones informadas orientadas a garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública en el Centro Poblado Sollocota.

La presente investigación comienza con el Capítulo I, donde se establece la problemática de la contaminación por aguas residuales y se formula el objetivo principal. A continuación, el Capítulo II define los conceptos clave como las características de las aguas residuales (DBO, DQO, SST) y el marco normativo peruano, postulando la hipótesis inicial de que la planta no es eficiente. El Capítulo III detalla el diseño de la investigación, la zona de estudio y las dos campañas de muestreo realizadas en el afluente y efluente. Por último, el Capítulo IV presenta y analiza los datos obtenidos, concluyendo que todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente cumplen con los LMP (Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO₅, DQO, SST, pH y Temperatura), lo que refuta la hipótesis inicial y establece que la PTAR de Sollocota es eficiente y opera de manera exitosa, aunque con oportunidades de optimización en su rendimiento de remoción.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro planeta los ecosistemas se ven afectados drásticamente por el constante crecimiento de las ciudades y la busca de satisfacer las necesidades de estas poblaciones es que se ven afectados los componentes de los ecosistemas como el suelo y los cuerpos de agua. Los primeros asentamientos humanos tenían en particular características en común, entre las más importantes se encuentra la ubicación, ya que muchas civilizaciones se situaron cerca de fuentes de agua dulce disponible, tales como lagos y ríos. (Rada, 2019)

En Perú, el acelerado crecimiento urbano ha generado una creciente demanda de servicios de agua potable y alcantarillado. La gestión inadecuada de estos servicios ha llevado a la sobreexplotación de los recursos hídricos y a su contaminación por actividades antropogénicas. (Dirección Nacional de Prospectiva y Estudios Estratégicos, 2023)

Según el Plan Regional de Acción Ambiental Puno 2014 al 2021 (Gobierno Regional Puno, 2013) la región Puno está constituida hidricamente por 316 ríos, complementado por 354 lagunas, teniendo la mayor importancia el Lago Titicaca y la gran mayoría de ciudades de nuestra región están ubicados cerca a estos cuerpos de agua esto con el propósito de tener una fuente capaz de abastecer del recurso hídrico a la población.

Con el fin de minimizar la contaminación producida por las ciudades se construyeron plantas de tratamiento de aguas residuales que descargan aguas tratadas los cuerpos de agua, en muchos casos estas plantas carecen de seguimiento y mantenimiento produciéndose así una alteración en el cuerpo receptor. Este es un problema en todas las plantas de tratamiento de aguas residuales que tienen como cuerpo receptor a cuerpos de agua. (Pimentel, 2017)

En el Perú para que una planta de tratamiento de aguas residuales cumpla con su objetivo todo el proceso que realiza para poder verter el producto este tiene que estar dentro de los parámetros establecidos según el DS. N° 003-2010-MINAM (LMP).

En el centro poblado de Sollocota existen dos plantas de tratamiento de aguas residuales que recepciona las aguas residuales de dos sectores de la población vertiendo las aguas tratadas.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, de acuerdo a los LMP DS. N° 003-2010-MINAM?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro cumplirán con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM?
- ¿Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro cumplirán con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Según Echeverría et al., (2021), en su investigación "Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización

acopladas a un reactor anaerobio compartimentado” evaluó el desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales producto de lagunas de estabilización a la cual se le aplicaron varias mejoras y ampliaciones. Estos procedimientos tienen un impacto al reducir la DBO, DQO y con mayor eficacia los SST. Los resultados al calcular la eficiencia de la PTAR fueron: DBO5 55%, DQO total 67%, DQO soluble 54%, SST 80%, N-NH₃ 15% y P 26% y con las mejoras de las lagunas, la PTAR incrementó su eficiencia del 52 al 67% para el parámetro de DQO.

En su investigación Huamante et al., (2022) “Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena” escogió tres sistemas de aguas residuales: punta carnero, Parroquia Ancón y parroquia Anconcito para analizar la eficiencia para la remoción encontrando los resultados de DBO: 46.73%, 81.21%, 41.32%, DQO: 41.89%, 52.93%, 44.95% y coliformes fecales: 64.20%, 98.24%, 94.87% respectivamente, estos se encuentran por debajo de los porcentajes permitidos en Senagua (2016) y Tulsma (2015).

Reynolds (2002), en su investigación “Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema” destaca que el objetivo principal del tratamiento de aguas residuales no es la eliminación total de microorganismos, sino la reducción de aquellos que son perjudiciales a niveles seguros. De esta manera, el agua tratada puede ser reutilizada para fines como el riego o en la industria. También señala la importancia de considerar diversos factores al seleccionar la tecnología de tratamiento más adecuada. Entre estos factores se incluyen el volumen y la composición de las aguas residuales, los estándares de calidad del efluente, las opciones para su uso y desecho, las posibilidades de pretratamiento industrial y la viabilidad operativa, que abarca aspectos económicos y técnicos.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Cusiche y Miranda (2019), en su ensayo “Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional ‘Lago Junín’, Perú” afirma el lugar de estudio tuvo resultados negativos enfatizando las temporadas de muestreo, comparando los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental encontrándose superados en parámetros como DBO5, en la determinación de coliformes termotolerantes para épocas de lluvia son inferiores a las épocas de estiaje. También concluye que la presencia de aguas residuales representa un peligro tóxico para un cuerpo de agua.

En el informe presentado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento Sunass, (2022) indica la existencia de 202 PTARs en el Perú, se encuentran solo 171 PTAR en estado operativo. el 85 % de ellas se encuentran cumpliendo la función de remover partículas contaminantes de las aguas residuales que provienen del uso de los servicios de agua potable y alcantarillado en las ciudades, depositando el producto en cuerpos de agua naturales como los ríos, lagunas, mares, etc..Las PTAR operativas están en 31 de las 50 empresas prestadoras del país, adjudicándose: EPS Grau en Piura (31), Epsel en Chiclayo (25), Sedapal en Lima (20), Agua Tumbes en Tumbes (14) y Sedalib en Trujillo (14). El 61 % PTAR operativas se encuentran a cargo de las ya mencionadas empresas.

Larios et al., (2015) en su investigación “Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú” analiza el grave problema de la contaminación del agua por metales pesados como el arsénico y el plomo en América Latina, con especial atención en Perú donde, los altos niveles de arsénico en el agua potable superan los límites establecidos por la OMS, lo que plantea graves riesgos para la salud, incluido el cáncer, falta de políticas y gestión del Tratamiento de Agua Potable y de Aguas Residuales.

Ancalle y Ledesma (2020) en su investigación “Caracterización De Las Aguas Residuales En El Afluente Y Efluente De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Distrito

De Yauli – Huancavelica” realizó la caracterización del efluente y afluente para determinar la eficiencia de la PTAR Yauli, luego del análisis de la muestras determinó que sí cumplen con los límites máximos permisibles de acuerdo al D.S. N°003-2010 –MINAM, el % de remoción de demanda química de oxígeno es negativo porque la concentración en el afluente es menor a lo requerido en D.S. N°003-2010 –MINAM , el % de remoción de aceites y grasas es de 40.61%, el % de remoción de coliformes termotolerantes es de 44.48% y el % de remoción de sólidos solubles totales es de 73.15%y con estos resultados el autor concluye que la PTAR Yauli si es eficiente.

Auccatinco (2021) en su investigación “Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco” realizó un monitoreo de la PTAR en el distrito de Cusipata para estimar su eficiencia, con los resultados que obtuvo determinó que la PTAR realiza un tratamiento ineficiente y no realiza la depuración de grasas y aceites, sólidos totales suspendidos. tampoco se retiraron los lodos acumulados en la planta, interfiriendo el correcto funcionamiento de la planta y causando la polución del río Vilcanota con aguas residuales tratadas incorrectamente.

Cueva y Garcia (2021) en su tesis “Evaluación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en una empresa minera, cajamarca 2020” mediante un enfoque cuantitativo en la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca realizó un nueve muestreos en la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales comparando los resultados con los límites máximos permisibles establecidos mediante el D.S. N° 003-2010-MINAM. determinó la eficiencia con resultados en aceites y grasas con un 99.213%, sólidos suspendidos totales (SST) con un 89.339%, demanda bioquímica de oxígeno con un 99.487%, demanda química de oxígeno con un 94.035% de remoción respectivamente y en cuanto a los coliformes termotolerantes de los 9 muestreos realizados los resultados obtenidos fueron menores a

1.8 NMP/100ml. concluyendo que la eficiencia de la PTAR es óptima teniendo una remoción de contaminantes óptimas.

Clemente, (2022), en su tesis “Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021” que fue orientada a un enfoque de prevención analizó la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Santa Ana de Tusi y para poder verificar el cumplimiento de los LMP (DS N° 003 – 2010 – MINAM, sus resultados en el efluente fueron: para pH 7.98, para temperatura 34.0 °C, para DBO5 13.55 mg/L, para DQO 37.4 mg/L para sólidos suspendidos totales 5.81 mg/L, para aceites y grasas <0.5 mg/L ; concluyendo que la PTAR tiene una eficiencia aceptable para lograr el cumplimiento de las normas ambientales(LMP) y calculando la eficiencia obtuvo una reducción del 43% para DBQ5, del 73.4% para DQO, 38.7% para SST, del 95% de aceites y grasas y 94.8% para coliformes termotolerantes

1.2.3. ANTECEDENTES REGIONALES

Andrade, (2020), en su tesis “Evaluación de la Eficiencia en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Distrito de Macusani, región Puno - 2020” estudio la PTAR Macusani utilizando una metodología de medición in-situ y ex-situ obtuvo resultados en demanda bioquímica de oxígeno del 93.42% de eficiencia , en demanda química de oxígeno del 94.88% de eficiencia, en sólidos suspendidos totales de 67.16% de eficiencia, en coliformes termotolerantes del 77.55% de eficiencia. los resultados de caracterización: en SST de 44 mg/L, en la DBO5 100 mg/L, en la DQO 209 mg/L, aceites y grasas fue de 0.32 mg/L y coliformes termotolerantes de 11000 NMP/100 mL excediendo e incumpliendo con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. También recalca que los ríos han sido utilizados como vertederos para los desechos urbanos, aprovechando su capacidad natural de regeneración. Sin embargo, el exceso de descargas de agua

contaminada supera esta capacidad, provocando la pérdida de oxígeno, la muerte de especies acuáticas y la destrucción del ecosistema fluvial.

Arias (2022), en su tesis titulada “Características Físico-Químicas Y Microbiológicas Del Efluente De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Localidad De Chucuito – Puno 2022.” realizó un muestreo in-situ en el efluente de la PTAR de Chucuito para poder analizar los parámetros SST, DBO5, DQO, A & G y C.T. Se midieron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y los resultados promedio fueron los siguientes: pH 6.84, temperatura 12.48 °C, sólidos suspendidos totales 214.64 mg/L, DBO5 75.8 mg/L, DQO 580.55 mg/L, aceites y grasas 1.58 mg/L y coliformes termotolerantes 23.5 NMP/100 mL; incumpliendo con la normativa peruana los SST y la DQO.

Apaza (2021), en su tesis “Evaluación De La Eficiencia De Los Tratamientos Biológicos En La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Distrito De San José Provincia De Azángaro” evaluó la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José y determinó que la remoción de contaminantes tiene un porcentaje de eficiencia de 94.4% en aceites y grasas, 34.71% en DBO, 34.32% en DQO, 2.3% en pH, 34.02 en sólidos suspendidos totales y 99.11% en coliformes termotolerantes, con estos resultados señala que la planta no cumple con la normativa vigente y no está funcionando correctamente.

Mamani (2024) en su tesis “Evaluación De La Eficiencia De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Distrito De Ayaviri- 2023” muestreo parámetros físico-químicos y microbiológicos para determinar la eficiencia de la planta de tratamiento, obtuvo resultados en pH con 6.06, aceites y grasas con 74.70 mg/L, sólidos suspendidos totales fue de 1379.50 mg/L, DQO fue 416.15 mg/L, resultados que exceden a los LMP para efluentes de PTAR, concluyendo que la planta es ineficiente.

Valeriano, (2022), en su tesis titulada “Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yunguyo - Puno, 2022”, tuvo como objetivo analizar la eficiencia de dicha PTAR. En su estudio se basó en el cálculo de remoción de cinco parámetros clave. Los resultados mostraron una eficiencia en remoción para Aceites y grasas: 86.27%, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): 85.63%, Demanda Química de Oxígeno (DQO): 85.10%, Sólidos Suspendidos Totales (SST): 98.80%, Coliformes termotolerantes: 42.50%. El autor concluyó que, a pesar de la menor eficiencia en la remoción de coliformes, la PTAR cumplía con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en 6 de los 7 parámetros evaluados, demostrando un rendimiento general notablemente alto, especialmente en la remoción de sólidos.

Davila, (2024) en su tesis “Eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Juli, 2023” investigó la eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales. Su estudio realizado en dos monitoreos, reveló una eficiencia general baja. En el primer monitoreo, la eficiencia en aceites y grasas posee una eficiencia de 21.63%, Coliformes termotolerantes 98.38%, DBO₅ 9.85%, DQO 51.52% y sólidos totales en suspensión con 31.72% La conclusión de la autora es que la laguna de oxidación de Juli presenta un rendimiento deficiente que no garantiza una adecuada depuración de las aguas residuales, lo que resalta la variabilidad y los desafíos operativos de este tipo de sistemas en la región.

Salgado, (2023) en su investigación “Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales existente y propuesta de un rediseño para el distrito de Macari, Melgar - 2023” evaluó la eficiencia de la PTAR para ello realizó muestreos de agua determinando los valores de los parámetros : pH 4.90, temperatura 16.30°C, DBO 383.45 mg/L, DQO 791.37 mg/L, coliformes termotolerantes 15 NMP/100, SST 1636.5 mg/L y aceites y grasas 81.56 mg/L, cumpliendo con la normativa solo los parámetros de temperatura y coliformes termotolerantes asimismo la eficiencia en remoción para DBO fue de 25.8%,

DQO -21.1%, SST -24.4%, coliformes termotolerantes 87.5%, y aceites y grasas -8.4% resultados que no cumplen los márgenes de eficiencia.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2025, de acuerdo a los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro y comparar con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro y comparar con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. MARCO REFERENCIAL

a. Calidad de agua

Baeza (2016) resume que la calidad de agua se determina reuniendo sus características biológicas, físicas y químicas y comparando estas con parámetros o estándares los cuales determinarán la calidad del agua, esta denominación de calidad de agua también varía de acuerdo al uso que se le va dar al agua. La calidad del agua también estará determinada por la acción humana, y en estado natural estará determinada por procesos naturales como erosión, procesos climáticos y procesos biológicos.

b. Aguas residuales

OEFA (2017) afirma que las aguas residuales son aguas que sus características principales originales han sido alteradas por el uso y actividades humanas, que son vertidas a un cuerpo de agua y que necesitan un tratamiento previo para ser rehusadas.

Valeriano (2022) nos dice que las aguas residuales se pueden clasificar de acuerdo a su procedencia.

c. Aguas servidas

Son aquellas aguas que provienen de usos domésticos como lavanderías, duchas, cocinas, pero no contienen heces fecales.

d. 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.

e. 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

f. Aguas de hospitales o centros de salud

Son aquellas aguas que contienen microorganismos que causan enfermedades y son altamente contaminantes. Las aguas residuales procedentes de centros de salud presentan un alto riesgo de contaminación y no deben ser vertidas en la red de alcantarillado convencional. Dada su naturaleza nociva, requieren un tratamiento y eliminación especial. (Pimentel, 2017)

g. Características de las aguas residuales

Las aguas residuales presentan una composición diversa que depende de su fuente de origen Membrillo (2022). Debido a la presencia de contaminantes, estas aguas no son aptas para su uso sin un tratamiento previo.

Vintimilla (2022) señala que las características de las aguas residuales están relacionadas entre sí.

2.1.2. MARCO CONCEPTUAL

a. Temperatura:

Es una magnitud física que refleja la intensidad de calor o frío de un cuerpo. Ancalle y Ledesma (2020). La temperatura que tienen las aguas residuales es mayor que la temperatura de otras aguas, esto se debe a que en esas aguas se producen reacciones

químicas. La contaminación térmica de las aguas se produce, en parte, por las descargas de aguas residuales que elevan la temperatura del agua. Rada, (2019)

b. Color:

El color de las aguas residuales es el resultado de la combinación de tres factores: los sólidos en suspensión, que producen un color aparente; la materia coloidal y las sustancias disueltas, que dan lugar al color verdadero Membrillo, (2022). La presencia de sulfuros metálicos en las aguas residuales es la causa de su coloración, que puede variar desde tonalidades grises hasta negras. En las aguas industriales, el color revela el origen de la contaminación y la eficacia de los tratamientos. Amezquita y Bejarano, (2018)

c. Olor:

El olor que las aguas residuales tienen es debido a que existe una presencia de gases que son producto de la descomposición de la materia orgánica. Osorio et. al., (2021). el olor es causado por la presencia de microorganismos anaerobios, que al no poder acceder al oxígeno provocan que los microorganismos aerobios tiendan a la putrefacción generando olores desagradables denominados vapores orgánicos muy parecido al olor de huevos podridos, los cuales representan un peligro para el ser humano ya que contiene gran cantidad de metano. (Auccatinco, 2021)

d. Sólidos Totales (ST):

Los sólidos totales representan la cantidad total de materia sólida en una muestra de agua o efluente, incluyendo sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

- **Sólidos Fijos Totales (SFT):**

Estos sólidos corresponden a la fracción no volátil de los sólidos totales, determinada por calcinación a alta temperatura

- **Sólidos Volátiles Totales (SVT):**

Estos sólidos corresponden a la fracción de sólidos totales que se evapora al exponerse a temperaturas elevadas.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):**

Representan la cantidad total de partículas sólidas presentes en suspensión en el agua.

- **Sólidos Disueltos Totales (SDT):**

La porción de sólidos completamente disueltos en el agua se aísla y cuantifica tras eliminar los sólidos suspendidos mediante filtración.

- **Sólidos Sedimentables (SS):**

La prueba de sólidos sedimentables mide la cantidad de material sólido que se deposita en el fondo de un recipiente en un tiempo dado. Estos sólidos, generalmente de mayor tamaño que los sólidos suspendidos finos, se asientan por efecto de la gravedad. Este análisis permite evaluar la capacidad de sedimentación de los sólidos presentes en el agua (Gustavo, 2024)

e. Materia Orgánica:

Dentro de las aguas residuales, se encuentra una fracción de materia orgánica de origen biológico, cuya composición es la siguiente:

- Proteínas desde 40% - 60 %
- Carbohidratos desde 25% - 50 %
- Grasas y aceites con un 10% (Auccatinco, 2021)

f. DBO:

La cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para descomponer la materia orgánica en las aguas residuales (DBO) es un indicador importante para medir el efecto de estos vertidos en los ecosistemas acuáticos. Esta prueba cuantifica el oxígeno que consumen los microorganismos al descomponer la materia orgánica presente en una muestra de agua, permitiendo determinar la carga contaminante orgánica y predecir los efectos sobre la calidad del agua receptor.(Rada, 2019)

g. DQO:

La DQO es una medida de la cantidad total de materia orgánica e inorgánica que puede oxidarse químicamente en una muestra de agua.(Rada, 2019).

h. pH:

Es una medida que determina la acidez o alcalinidad de una disolución, el cual indica la concentración de iones hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.ANCALLE y LEDESMA, (2020). El pH oscila en una escala entre 0 y 14 siendo el pH = 7 el neutro, esta característica es importante porque nos permite saber el grado de acidificación que tiene estas aguas residuales.(Osorio et al, 2021)

i. Tratamiento De Aguas Residuales:

Las aguas residuales se pueden tratar en el mismo sitio donde se generan, o ser transportadas mediante tuberías a una planta de tratamiento. El tratamiento de aguas residuales busca producir agua limpia y un residuo sólido (biosólido) utilizable en agricultura. Entre los procesos biológicos más comunes se encuentran los lodos activados, los biodiscos, los filtros biológicos y las lagunas de estabilización, estas últimas muy efectivas en climas tropicales. Las lagunas se clasifican en aerobias, anaerobias y facultativas según su profundidad.(Peña, et al, 2018)

El tratamiento de aguas residuales en una PTAR tiene como finalidad acondicionar el agua utilizada y las aguas residuales para su descarga segura al medio ambiente, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.(Cáñez Cota, 2022)

2.1.3. MARCO NORMATIVO

En Perú, el tratamiento de aguas residuales se encuentra regulado por una serie de leyes y normativas que buscan garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública:

Decreto supremo N° 003-2010-MINAM - aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de agua residuales domésticas o municipales:

Decreto que define las concentraciones máximas de diferentes contaminantes que

pueden estar presentes en el agua ya tratada antes de ser vertida al medio ambiente, con el objetivo de proteger la calidad de los cuerpos de agua, del suelo y del entorno natural; controlando la contaminación y garantizando que los vertidos cumplan con los estándares ambientales adecuados.

Tabla 01: Límites máximos permisibles para efluentes

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	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2010)

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente: Esta ley garantiza el derecho a un ambiente saludable: Toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente limpio y equilibrado, sin contaminación ni riesgos para la salud. (MINAM, 2005)

- La protección del ambiente: El Estado y la sociedad deben trabajar juntos para proteger el aire, el agua, el suelo y la diversidad biológica.
- El desarrollo sostenible: Las actividades humanas deben realizarse de manera que satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las futuras generaciones.
- La participación ciudadana: La población tiene el derecho a participar en la toma de decisiones sobre asuntos ambientales.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Ley N° 26338, Ley General de los Servicios de Saneamiento.
- Ley N° 26842, Ley General de Salud.

2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

La planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, no es eficiente de acuerdo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.
- Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM..

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio es la zona urbana del Distrito de San José, Provincia de Azángaro, Región de Puno, conformado por 2 barrios que son atendidos por el servicio de alcantarillado.

ubicación de los puntos de muestreo:

coordenada Este: 378984.00 m E

coordenada Oeste: 8370588.00 m S



Figura 01: Ubicación de la PTAR Sollocota

Fuente: Google Maps

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Esta investigación es no experimental al no manipular las variables y el diseño estadístico es descriptivo al mostrarse y describirse las características físico-químicos y microbiológicas de las aguas residuales del centro poblado de Sollocota.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MUESTREO

se realizó dos muestreos los días 25 de marzo y 24 de abril extrayendo muestras del efluente y del afluente de la PTAR del centro poblado de sollocota para conocer las concentraciones de los parámetros físico químicos de las aguas residuales, posteriormente se entregaron las muestras al laboratorio de control de calidad de la facultad de ingeniería química de la universidad nacional del altiplano - puno.

Tabla 02: Coordenadas del punto de muestreo

	Punto de muestreo PTAR Sollocota	
	Efluente	afluente
Coordenadas UTM	378939. 00 m E	379012.00 m E
	8370556.00 m S	8370590.00 m S

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente

Eficiencia de la planta de tratamiento.

Variable Dependiente

LMP en el efluente.

Tabla 03: Operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE		
Eficiencia de la planta de tratamiento	Aceites y Grasas	mg/L
	-Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL
	-Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L
	-Demanda Química de Oxígeno	mg/L
	- pH	unidad
	- Sólidos Totales en Suspensión	mL/L
	-Temperatura	°C
DEPENDIENTE	LMP DS. N° 003-2010-MINAM	LMP en el efluente

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Con el objetivo de mostrar los eventos tal como ocurren en la realidad, esta investigación se fundamenta en un enfoque descriptivo. Se realiza una recolección de datos para analizar cuantitativamente las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas tanto de la calidad del agua como de las aguas servidas, efectuando una comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

El enfoque de esta investigación es no experimental, dado que no hubo manipulación de variables. Simplemente se procedió a la recopilación de datos que reflejan el estado real de los hechos, mismos que se han sistematizado en las tablas y gráficos. Para lo que se usó el software Excel para el procesamiento de información. (Bernal, 2012)

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

i : Puntos de muestreo ($i=1,2$).

j : Repeticiones expresado en meses ($j=1,2$).

Y_{ij} : Variable de medición del parámetro.

μ : Media general.

α_i : Efecto de i -ésimo punto de muestreo.

β_j : Efecto de bloque por mes de muestreo.

e_{ij} : Error experimental (0.05)

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO, 2024, DE ACUERDO A LOS LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

4.1.1. EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES

La eficiencia de la PTAR se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

E: Eficiencia del sistema o componente

S: Carga contaminante de salida

S_o: Carga contaminante de entrada

a. Aceites y grasas

Con respecto a la eficiencia sobre los aceites y grasas en la PTAR resulta lo siguiente:

- Primer muestreo

$$E = \frac{29.15 - 16.65}{29.15} \times 100$$

$$E = 42.88\%$$

- Segundo muestreo

$$E = \frac{31.25 - 17.15}{31.25} \times 100$$

$$E = 45.12\%$$

b. Coliformes termotolerantes

Con respecto a la eficiencia sobre los coliformes termotolerantes en la PTAR resulta lo siguiente:

- primer muestreo

$$E = \frac{51 - 10}{51} \times 100$$

$$E = 80.39\%$$

- segundo muestreo

$$E = \frac{71 - 10}{71} \times 100$$

$$E = 85.91\%$$

c. Demanda bioquímica de oxígeno DBO5

Con respecto a la eficiencia de la demanda bioquímica de oxígeno en la PTAR resulta lo siguiente:

- primer muestreo

$$E = \frac{50.30 - 41.30}{50.30} \times 100$$

$$E = 17.89\%$$

- segundo muestreo

$$E = \frac{62.30 - 40.70}{62.30} \times 100$$

$$E = 34.67\%$$

d. Demanda química de oxígeno DQO

Con respecto a la eficiencia de la demanda bioquímica de oxígeno en la PTAR resulta lo siguiente:

- Primer muestreo

$$E = \frac{394.85 - 150.39}{394.85} \times 100$$

$$E = 61.91\%$$

- Segundo muestreo

$$E = \frac{401.15 - 167.27}{401.15} \times 100$$

$$E = 58.30\%$$

e. Sólidos suspendidos totales

Con respecto a la eficiencia de la demanda bioquímica de oxígeno en la PTAR resulta lo siguiente:

- Primer muestreo

$$E = \frac{262.00 - 142.00}{262.00} \times 100$$

$$E = 45.80\%$$

- Segundo muestreo

$$E = \frac{283.00 - 132.20}{283.00} \times 100$$

$$E = 53.28\%$$

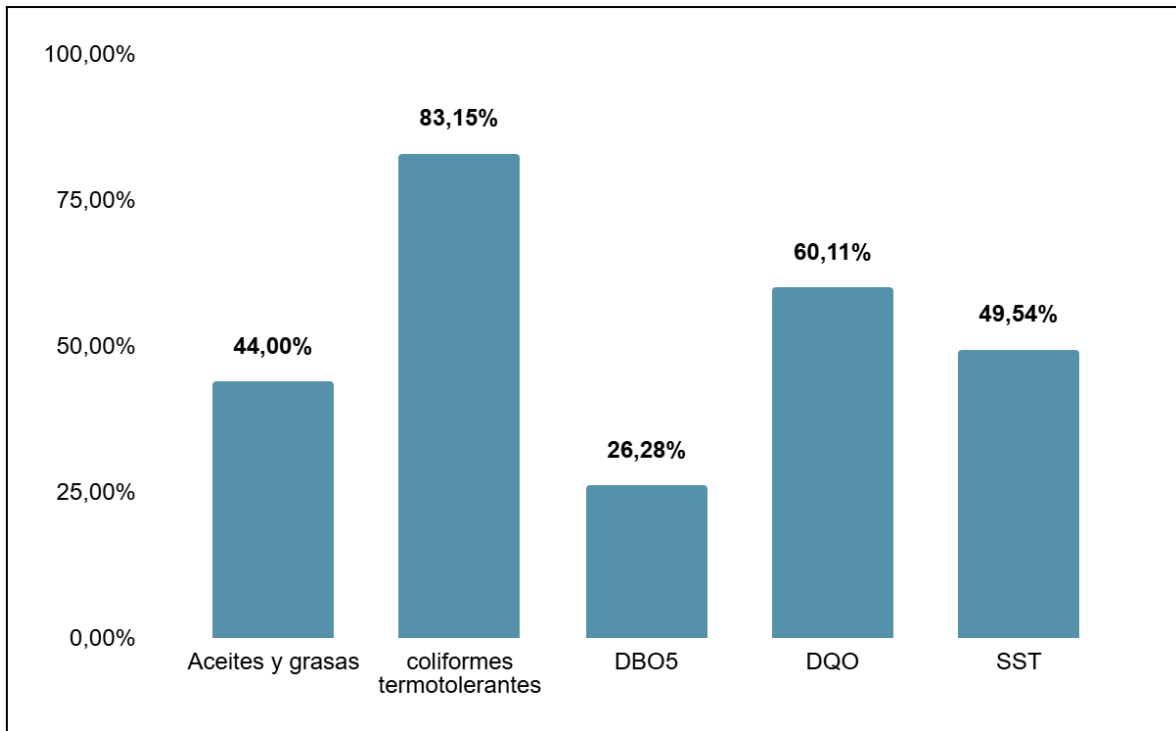


Figura 02: Promedio de resultados de eficiencia de la PTAR Sollocota

En la figura 02 se puede apreciar el porcentaje de remoción promedio de la PTAR Sollocota, resultando que la demanda bioquímica de oxígeno es el parámetro con menor porcentaje de remoción con 26,28% la cual es baja en comparación con los resultados obtenidos por Andrade (2020) en la PTAR de Macusani con un 93,42% o la reportada por Cueva y Garcia (2021) de 99,487%, y se asemeja a los bajos rendimientos observados en la laguna de oxidación de Juli con un 9,85% o Macari de 25,8%. Le sigue el parámetro aceites y grasas con una remoción de 44,00% , una eficiencia moderada que es similar al 40,61% registrado en Yauli por Ancalle y Ledesma (2020) , pero significativamente inferior a las eficiencias óptimas de 99,213% y 95% reportadas por Cueva y Garcia (2021) y Clemente (2022). Continúa con los sólidos totales suspendidos (SST) con una remoción del 49,54% , que es considerablemente menor a la eficiencia de remoción de sólidos del 89,339% encontrado por Cueva y Garcia (2021) o 98,80% hallado por Valeriano (2022). La demanda química de oxígeno muestra una eficiencia de 60.11% , que se encuentra en un rango intermedio, inferior a las altas eficiencias de

Macusani con un 94,88% reportado por Andrade (2020) o Echeverría et al. con un 67%, pero superior a la remoción de la PTAR de San José 34,32% reportado por Apaza (2021). Por último, el parámetro de coliformes termotolerantes presenta la mayor eficiencia con 83,15% , observándose que la PTAR es más eficiente tratando este parámetro. Este es un resultado aceptable que supera la eficiencia de 77,55% de Macusani , aunque es inferior a las altas remociones reportadas en otros estudios como las realizadas por Apaza (2021) con un 99.11% y Davila, (2024) con un 98.38%,

4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO Y COMPARAR CON LOS LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

a. Aceites y grasas

Tabla 04: Resultados de análisis Aceites y grasas

PARÁMETRO		Nivel de concentración en el afluente mg/L	Nivel de concentración en el efluente mg/L	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP mg/L	Condición
Aceites y grasas	Primer muestreo	29.15	16.65	20	si cumple
	Segundo muestreo	31.25	17.15	20	si cumple

La tabla 4 presenta los valores obtenidos sobre el sistema de tratamiento de agua para la remoción de aceites y grasas los cuales se presentan en la tabla 04, con respecto al

cumplimiento de la normativa establecida en el D.S. N° 003-2010 MINAM en el efluente la concentración obtenida en el primer muestreo es de 16.65 mg/L y este cumple con los LMP ya que no supera el valor máximo establecido por dicha norma, para el segundo muestreo se observa un pequeño incremento obteniendo el valor de 17.15 mg/L encontrándose también dentro del límite establecido, a comparación de Andrade, (2020) obtuvo 0.32 mg/L , Arias (2022) obtuvo 1.58 mg/L quienes obtuvieron valores bastante bajos sin embargo, Mamani (2024) obtuvo 74.70 mg/L siendo este valor bastante superior al encontrado, estos valores podrían deberse al número total de habitantes que abastece cada PTAR.

b. Demanda bioquímica de oxígeno DBO5

Tabla 05: Resultados de análisis DBO5

PARÁMETRO	Nivel de concentración en el afluente mg/L	Nivel de concentración en el efluente mg/L	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP mg/L	Condición	
DBO5	primer muestreo	50.30	41.30	100	si cumple
	segundo muestreo	62.30	40.70	100	si cumple

Para el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno se obtuvieron: en el primer muestreo para el afluente 50.30 mg/L y para el efluente 41.30 mg/L, de la misma manera en el segundo muestreo se obtuvo para el afluente 62.30 mg/L y para el efluente 40.70 mg/L, comparando ambos resultados en el efluente con los LMP estos valores se

encuentran por debajo de los valores máximos permitidos. El estudio de Clemente (2022) en Santa Ana de Tusi muestra un rendimiento superior con 13.55 mg/L. Arias (2022) en Chucuito reportó un valor de 75.8 mg/L. El caso de la PTAR de Macusani, analizada por Andrade (2020), cuyo efluente alcanzó los 100 mg/L, el valor máximo permitido en comparación, el efluente de Sollocota es más de dos veces más limpio, lo que demuestra una operación mucho más segura y robusta

c. Demanda química de oxígeno DQO

Tabla 06: Resultados de análisis DQO

PARÁMETRO	Nivel de concentración en el afluente mg/L	Nivel de concentración en el efluente mg/L	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP mg/L	Condición	
DQO	primer muestreo	394.85	150.39	200	si cumple
	segundo muestreo	401.15	167.27	200	si cumple

Para la demanda química de oxígeno se obtuvieron: en el primer muestreo en el afluente 394.85 mg/L y para el efluente 150.39 mg/L; en el segundo muestreo en el afluente 401.15 mg/L y para el efluente 167.27 mg/L, encontrándose ambos por debajo de los LMP. para Andrade (2020), en Macusani el resultado fue de 209 mg/L siendo este resultado el más parecido al encontrado en la PTAR Sollocota, sin embargo, Arias (2022) en Chucuito y Mamani (2024) en Ayaviri reportaron 580.55 y 416.15 mg/L respectivamente siendo valores bastante elevados e incumplimiento la normativa

ambiental (LMP). En contraste Clemente (2022) en Santa Ana de Tusi obtuvo 37.4 mg/L mostrando que es posible alcanzar una calidad de agua superior.

d. Potencial hidrógeno pH

Tabla 07: Resultados de análisis pH

PARÁMETRO	Nivel de concentraci ón en el afluente unidad	Nivel de concentraci ón en el efluente unidad	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP unidad	condición
pH Primer muestreo	6.60	7.01	6.5-8.5	si cumple
Segundo muestreo	6.10	7.04	6.5-8.5	si cumple

Para el potencial hidrógeno se obtuvieron los valores; en el primer muestreo en el afluente 6.60 y en el efluente 7.01, en el segundo muestreo en el afluente se obtuvo 6.10 y para el efluente se obtuvo 7.04 encontrándose ambos valores dentro de los LMP. Clemente Campos (2022) obtuvo un pH de 7.98 y Arias (2022) 6.84 los cuales muestran efluentes que, aunque ligeramente alcalinos o ácidos, junto con los resultados obtenidos en la PTAR Sollocota se mantienen dentro del rango permitido por la ley. Esto posiciona al sistema de tratamiento actual junto a otros casos de operación funcional en la región, Mamani (2024) en Ayaviri, encontró un pH de 6.06, este valor se encuentra por debajo del límite inferior de 6.5, lo que indica un efluente ligeramente ácido y, por lo tanto, en incumplimiento con la normativa (LMP).

e. Sólidos suspendidos totales

Tabla 08: Resultados de análisis SST

PARÁMETRO	Nivel de concentración en el afluente mg/L	Nivel de concentración en el efluente mg/L	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP mg/L	Condición
SST	262.00	142.00	150	si cumple
	283.00	132.20	150	si cumple

Para el parámetro de sólidos suspendidos totales se obtuvieron los valores: en el primer muestreo para el afluente se obtuvo 262 mg/L y en el efluente se obtuvo 142.00 mg/L, en el segundo muestreo para el afluente se obtuvo 283.00 mg/L y en el efluente se obtuvo 132.20 mg/L, estos resultados se encuentran por debajo de los LMP. Andrade (2020) en Macusani y Clemente (2022) en Santa Ana de Tusi obtuvieron valores bastante bajos con 44 y 5.81 mg/L respectivamente siendo el resultado de Arias (2022) en Chucuito de 214.64 mg/L el valor relativamente cercano al obtenido en la PTAR Sollocota caso contrario el que obtuvo Mamani (2024) con 1379.50 mg/L en Ayaviri.

f. Temperatura

Tabla 09: Resultados de análisis Temperatura

PARÁMETRO	Nivel de concentración en el afluente °C	Nivel de concentración en el efluente °C	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP °C	Condición	
Temperatura	primer muestreo	14.10	14.30	<35	si cumple
	segundo muestreo	13.60	14.16	<35	si cumple

Para el parámetro temperatura se obtuvo: en el primer muestreo en el afluente se obtuvo 14.10 °C y en el efluente 14.30°C, en el segundo muestreo en el afluente se obtuvo 13.60 °C y en el efluente se obtuvo 14.16°C, ambos resultados se encuentran por debajo de los LMP. Este valor es muy consistente con el reportado por Arias (2022) en Chucuito, que registró 12.48 °C. Esta similitud sugiere que las temperaturas del agua en los sistemas de tratamiento de la región de Puno son bajas y estables, reflejando las condiciones climáticas de la zona altoandina; en contrastante Clemente (2022) en el distrito de Santa Ana de Tusi, registró una temperatura de 34.0 °C en el efluente. Aunque este valor también cumple con la norma, es extremadamente alto en comparación con los de la región de Puno y se encuentra peligrosamente cerca del límite de 35 °C.

4.1.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO Y COMPARAR CON LOS LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

a. Coliformes termotolerantes

Tabla 10: Resultados de análisis Coliformes termotolerantes

PARÁMETRO	nivel de concentración en el afluente NMP/100 mL	nivel de concentración en el efluente NMP/100 mL	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP NMP/100 mL	condición
Coliformes termotolerantes	51	<10	10,000	si cumple
primer muestreo				
segundo muestreo	71	<10	10,000	si cumple

Para el parámetro de coliformes termotolerantes el cual sirve como indicador principal de materia fecal y posible presencia de patógenos, los valores obtenidos como se observa en la tabla fueron; en el primer muestreo para el afluente se registró 51 NMP/100 mL y para el efluente el valor de <10 NMP/mL, y en el segundo muestreo para el afluente se registró 71 NMP/100 mL y para el efluente el valor de <10 NMP/mL encontrándose ambos dentro del LMP por una margen bastante amplio. para Andrade (2020) en su estudio en Macusani el resultado de los coliformes termotolerantes es de 11000 NMP/100 mL siendo bastante mayor a la PTAR Sollocota esta variación se da por la cantidad de

población que atiende cada PTAR, en cambio el resultado que obtuvo Arias (2022) en Chucuito fue de 23.5 NMP/100 mL este valor asemejando más al de la PTAR Sollocota reflejándose también la cantidad de población atendida.

Tabla 11: Resumen de los resultados de análisis de aguas residuales de la PTAR Sollocota.

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTR EO	nivel de concentración en el afluente	nivel de concentraci ón en el Efluente	D.S. N° 003-2010 MINAM - LMP
Aceites y Grasas	mg/L	1	29,15	16,65	20
		2	31,25	17,15	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1	51	<10	10
		2	71	<10	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1	50,3	41,3	100
		2	62,3	40,7	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1	394,85	150,39	200
		2	401,15	167,27	
pH	unidad	1	6,6	7,01	6.5-8.5
		2	6,1	7,04	
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	1	262	142	150
		2	283	132,2	
Temperatura	°C	1	14,1	14,3	<35

2

13,6

14,16

Según los datos de la Tabla 11, se revela un cumplimiento total con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM para todos los parámetros analizados. En el parámetro de Aceites y Grasas cumple al registrar un valor de 16.65 y 17.15 mg/L, siendo ambos valores inferiores al LMP de 20 mg/L de los LMP. Sin embargo, esta concentración es significativamente más alta que la de Macusani (Andrade, 2020) con 0.32 mg/L y Santa Ana de Tusi (Clemente, 2022) con menos de 0.5 mg/L, aunque es mucho más baja que los 74.70 mg/L registrados en Ayaviri (Mamani, 2024). Los Coliformes Termotolerantes están muy por debajo de los 10,000 NMP/100 de los LMP encontrándose este valor muy por debajo por los valores obtenidos por Arias, (2022) en Chucuito con 23.5 NMP/100 mL. De manera consistente, tanto la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) cumplen, registrando concentraciones finales de 41.3 y 40.7 mg/L y 150.39 y 167.27 mg/L respectivamente que se encuentran por debajo de sus límites permisibles. La concentración de DBO_5 en Sollocota es considerablemente más alta que los 13.55 mg/L obtenidos en Santa Ana de Tusi (Clemente, 2022), pero es la mitad que el efluente de Macusani (Andrade, 2020), que alcanzó el límite de 100 mg/L. En cuanto a la DQO (alrededor de 160 mg/L), su concentración es mucho mayor que los 37.4 mg/L de Santa Ana de Tusi (Clemente, 2022), pero es bastante inferior a los altos niveles de incumplimiento reportados en Chucuito (Arias, 2022) con 580.55 mg/L y Ayaviri (Mamani, 2024) con 416.15 mg/L. Finalmente, el parámetro pH se ubica en el rango neutro 7.01 y 7.04, y los Sólidos Totales en Suspensión (SST) cumplen al estar en 142.00 y 132.20 mg/L, inferior al LMP de 150 mg/L siendo este valor muy alto y está cerca del límite, alejándose de los resultados de Santa Ana de Tusi (Clemente, 2022) con 5.81 mg/L o

Macusani (Andrade, 2020) con 44 mg/L . La Temperatura 14.3 y 14.16 °C está muy por debajo del límite de 35 °C.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

Estadísticamente, se confirma que el efluente de la PTAR de Sollocota cumple con todos los parámetros establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM. Los valores promedio del efluente no solo cumplen, sino que en casos como los Coliformes y DBO₅, lo hacen con un amplio margen de seguridad.

El análisis de eficiencia revela las fortalezas del sistema. La planta es muy eficiente en la desinfección bacteriológica (remoción de coliformes) y en la reducción de materia orgánica biodegradable (DBO₅). Su rendimiento es bueno para aceites y grasas, y moderado para la remoción de sólidos y materia total (SST y DQO), aunque suficiente para cumplir la norma.

Los resultados del análisis estadístico refutan la hipótesis de trabajo que planteaba que la "planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente". Por el contrario, los datos demuestran de manera cuantitativa que la PTAR opera eficientemente y protege la calidad del cuerpo receptor.

4.3. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

4.3.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Teniendo al afirmacion:

La planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, no es eficiente de acuerdo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM. planteamos la hipótesis nula:

H₀: La planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, no es eficiente de acuerdo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

La hipótesis alterna:

H₁: La planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, si es eficiente de acuerdo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

En base a los resultados obtenidos en la tabla 11 por cada parámetro, se demuestra que si es eficiente la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José, estos no exceden los límites máximos permisibles, no generando un impacto negativo en la calidad de agua. Por lo tanto, con la evidencia de los datos, SE ACEPTA la hipótesis alterna de que la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro 2024, si es eficiente.

4.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

H₁: Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

H₀: Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro si cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

Comparando estos resultados de la tabla 11 con los criterios de límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, se observa que para aceites y grasas tiene los valores de 16.65 mg/L y 17.15 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno es de 41.30 mg/L y 40.70 mg/L, demanda química de oxígeno de 150.39 mg/L y 167.27 mg/L, pH de 7.01 y 7.04, SST de 142.00 mg/L y 132.20 mg/L y temperatura 14.30 °C y 14.16 °C para los dos muestreos. Por lo tanto, con la evidencia de los datos, SE ACEPTA la hipótesis nula de que los parámetros fisicoquímicos de la PTAR de Sollocota, si cumplen los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM.

4.4.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

H₁: Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

H₀: Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro si cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.

Comparando estos resultados de la tabla 10 con los criterios de límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, se observa que para coliformes termotolerantes el resultado fue de <10 NMP/100 ml para los dos muestreos. Por lo tanto, con la evidencia de los datos, SE ACEPTA la hipótesis nula de que los parámetros físicoquímicos de la PTAR de Sollocota, si cumplen los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM.

4.4. DISCUSIÓN

El resultado más importante y principal del estudio en la PTAR de Sollocota es que todos los parámetros evaluados en el efluente cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el D.S. N.º 003-2010-MINAM. Confirmándose de esta manera que la planta está cumpliendo su objetivo legal de proteger el cuerpo receptor y refuta la hipótesis inicial de que la planta no sería eficiente. Sin embargo, al comparar las eficiencias, se observa una disparidad notable con los resultados obtenidos por otras investigaciones. La PTAR de Sollocota es un sistema de lagunaje 4, lo cual se correlaciona con deficiencias moderadas a bajas en comparación con sistemas tecnológicamente más avanzados (como Tanques Imhoff, lagunas

facultativas/maduración o reactores UASB) implementados en otros estudios. Para la remoción de Materia Orgánica, la eficiencia de remoción para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en Sollocota es de 26.28% este valor es extremadamente bajo y se asemeja a los rendimientos más deficientes reportados en la región, como la laguna de oxidación de Juli (9.85%) o Macari (25.8%). En contraste, otros estudios como el de Andrade (2020) en Macusani y Cueva y Garcia (2021) en una empresa minera reportaron eficiencias excepcionalmente altas, de 93.42% y 99.487% respectivamente, demostrando la capacidad superior aplicando otras tecnologías, a pesar de esta baja eficiencia, el efluente de Sollocota (41.3 mg/L) es considerablemente más limpio que el efluente de Macusani (100 mg/L), el cual apenas alcanza el límite permisible. Esto sugiere que la carga inicial de materia orgánica en Sollocota es manejable, aunque su proceso de degradación es ineficiente.

La remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO) con 60.11% en Sollocota es intermedia, supera la baja eficiencia de la PTAR de San José (34.32%), pero está muy por debajo del 94.88% reportado en Macusani.

La remoción de Sólidos Suspending Totales (SST) en Sollocota es de 49.54%¹⁴ el cual es un punto de rendimiento bajo, que sugiere ineficacia en los procesos de sedimentación y clarificación de la planta. Este resultado contrasta fuertemente con la mayoría de los antecedentes, donde las eficiencias de SST son altas, como el 89.339% de Cueva y Garcia (2021) o el 98.80% de Valeriano (2022) en Yunguyo. El efluente de Sollocota se encuentra en 142 mg/L, muy cerca del LMP de 150 mg/L¹⁷. Otros estudios lograron efluentes con concentraciones muy bajas, como 5.81 mg/L en Santa Ana de Tusi.

En el parámetro Coliformes Termotolerantes, la PTAR Sollocota logra su mejor desempeño con una remoción del 83.15% y un efluente de <10 NMP/100 mL., esta calidad microbiológica es excelente y es comparable a los resultados óptimos de otros estudios, aunque la eficiencia porcentual es inferior al 99.11% reportado por Apaza

(2021), el efluente final de Sollocota es de muy alta calidad y cumple holgadamente con el LMP de 10,000 NMP/100 mL. Este cumplimiento exitoso contrasta con el incumplimiento registrado en la PTAR de Macusani, cuyo efluente superó el límite con 11,000 NMP/100 mL.

La eficiencia de remoción de Aceites y Grasas es del 44.00%, suficiente para mantener el efluente en 16.90 mg/L, por debajo del LMP de 20 mg/L. Sin embargo, esta eficiencia es muy inferior a las tecnologías más efectivas, como las reportadas por Cueva y Garcia (2021) con 99.213% y Clemente (2022) con 95%²⁶. El bajo porcentaje de remoción en Sollocota es similar al 40.61% reportado en Yauli. En conclusión, la discusión confirma que la PTAR de Sollocota está operando bajo un principio de suficiencia normativa más que de optimización de remoción. El uso de un sistema de lagunaje simple resulta en eficiencias bajas para DBO₅, SST y Aceites y Grasas en comparación con otros sistemas, pero logra un control adecuado de los niveles de contaminación para cumplir con el marco legal peruano.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Según los resultados obtenidos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del centro poblado de Sollocota, al comparar los parámetros del efluente, cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.° 003-2010-MINAM. Todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados (aceites y grasas, coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales, pH y temperatura) se encuentran dentro de los valores permitidos, lo que evidencia la eficiencia de la planta.

SEGUNDA: Las concentraciones promedio de los parámetros fisicoquímicos en el efluente de la PTAR fueron: aceites y grasas (16.90 mg/L), DBO₅ (41.00 mg/L), DQO (158.83 mg/L), sólidos suspendidos totales (137.10 mg/L), pH (7.03) y temperatura (14.23 °C). Al contrastar estos valores con los LMP establecidos en el D.S. N.° 003-2010-MINAM, se concluye que todos se encuentran por debajo de los límites normativos.

TERCERA: En relación con el segundo objetivo específico, se determinó la concentración del parámetro microbiológico en el efluente, obteniéndose un valor de coliformes termotolerantes inferior a 10 NMP/100 mL. Al compararlo con el Límite Máximo Permisible de 10,000 NMP/100 mL, se confirma que la planta cumple ampliamente con la normativa, demostrando una alta eficacia en la desinfección del agua residual.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la municipalidad distrital de San José y a la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) del centro poblado de Sollocota, mantener un programa de monitoreo periódico de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente, asegurando que la PTAR continúe cumpliendo de manera sostenida con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.

SEGUNDA: A la municipalidad distrital de San José y a la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) del centro poblado de Sollocota implementar acciones de mantenimiento preventivo y correctivo en todas las unidades de tratamiento, con el fin de preservar la eficiencia observada y evitar desviaciones que puedan comprometer el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

TERCERA: Fortalecer la capacitación continua del personal encargado de la operación de la PTAR, de modo que cuenten con las competencias técnicas necesarias para garantizar una gestión adecuada del sistema y una respuesta oportuna ante variaciones en la carga contaminante o en las condiciones operativas, manteniendo siempre la conformidad con el D.S. N.º 003-2010-MINAM.

BIBLIOGRAFÍA

- Amezquita Bejarano, D. A., y Bejarano Jimenez, p. j. (2018). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Gachancipa*. Universidad católica de colombia, bogotá, colombia.
- Ancalle Espeza, C., y Ledesma Giraldez, W. (2020). *Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli – Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Andrade Yucra, R. (2020). *Evaluación de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, región Puno - 2020*. Universidad Privada San Carlos, Macusani, Puno.
- Apaza Mamani, R. A. (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* (universidad nacional del altiplano). Universidad nacional del altiplano, azángaro, puno. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16067/apaza_mamani_reynaldo_amilcar.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Arias Tito, J. C. (2022). *Características fisico-químicas y microbiológicas del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Chucuito – Puno 2022*. Universidad Privada San Carlos, Puno-Chucuito.
- Auccatinco Hirahuanca, r. (2021). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi - Cusco* (universidad continental). Universidad Continental, Cusco. recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11355>
- Bernal, C. A. (2012). *Metodología de la investigación* (tercera edición). colombia: Pearson.

- Cáñez Cota, A. (2022). Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México: diagnóstico y desafíos de política pública. *Tecnología y ciencias del agua*, 13(1), 184-245. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2022-01-05>
- Clemente Campos, Y. A. (2022). *Evaluación de la eficiencia de la ptar del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021* (universidad nacional daniel alcides carriòn). Universidad Nacional Daniel Alcides Carriòn, Cerro de Pasco. recuperado de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2703/1/t026_72073401_t.pdf
- Cueva Olano, C. M., y Garcia Diaz, R. E. (2021). *Evaluación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en una empresa minera, Cajamarca 2020* (universidad privada del norte). Universidad Privada del Norte, Cajamarca. recuperado de https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29775/tesis_carolita%20mar%20got%20cueva%20olano%20-%20raquel%20emelina%20garcia%20diaz.pdf?sequence=2&isallowed=y
- Cusiche Pérez, L. F., y Miranda Zambrano, G. A. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'lago Junín', Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1433-1447. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- Davila Hanco, Y. V. (2024). *Eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Juli, 2023* (universidad privada san carlos). Universidad Privada San Carlos, Puno. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/upsc/889>
- Departamento de asuntos económicos y sociales de las naciones unidas. (2023). *Informe de los objetivos de desarrollo sostenible 2023: edición especial*. United nations. <https://doi.org/10.18356/9789210024938>

Dirección de fiscalización. (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (ptar) en el ámbito de las empresas prestadoras* (p. 278). Perú: Superintendencia nacional de servicios de saneamiento (sunass). recuperado de superintendencia nacional de servicios de saneamiento (sunass) website: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3212482/informe%20de%20diagn%20c3%b3stico%20de%20las%20ptar.pdf?v=1654900510>

Dirección nacional de prospectiva y estudios estrategicos. (2023). *Análisis geoespacial a nivel regional del impactos de las actividades economicas en las areas naturales*. ceplan. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5633501/4990053-ceplan-ageo-del-impacto-de-las-actividades-economicas-en-las-areas-naturales-protegidas-en-el-pais.pdf?v=1704332591>

Echeverría, I., Escalante, C., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G., y Montoya, R. (2021). Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado. *investigación & desarrollo*, 21(1). <https://doi.org/10.23881/idupbo.021.1-3i>

Gobierno regional Puno. (2013). *Plan regional de acción ambiental 2014 al 2021*.

Gustavo Grosso, L. (2024, enero 25). Absolutamente todo lo que necesitas saber sobre sólidos en aguas residuales (sst, sdt, ss...). recuperado 30 de julio de 2024, de linkedin website: <https://www.linkedin.com/pulse/absolutamente-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-en-ss-gustavo-grosso-csucf>

Huamante Cabrera, J. J., Moreno Alcivar, L. C., Grijalva Endara, A., Saldoya Tinedo, R. W., y Suárez Tomalá, J. A. (2022). Eficiencia de remoción e impacto del sistema

- de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la provincia de Santa Elena. *Manglar*, 19(2), 177-187. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.022>
- Larios Meoño, J. F., González Taranco, C., y Morales Olivares, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y hacer revista de la facultad de ingeniería de la USIL*, 2(2), 09-25.
- Mamani Fernández, Y. L. (2024). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ayaviri- 2023*. Universidad Privada San Carlos, Puno - Ayaviri.
- Minam. *Ley general del ambiente - ley n° 28611.* , (2005).
- Ministerio del ambiente. *ds-n°-003-2010-minam-imp-ptard-o-municipales.* , pub. l. no. 003-2010- minam (2010).
- Osorio Rivera, M. A., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Loor Lalvay, X. A., y Riera Guachichullca, E. J. (2021). *La calidad de las aguas residuales domésticas*. 6(3), 228-245. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>
- Peña, S., Mayorga, J., y Montoya, R. (2018). *Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador)*. 39.
- Pimentel, H. R. (2017, marzo 13). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes [text]. Recuperado 5 de septiembre de 2025, de iagua website: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Rada Valdivieso, J. A. (2019). *Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de tipo anaeróbica, que trata un caudal medio diario (qcmd) de 25 m³/d.* (escuela superior politécnica del litoral). Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil - Ecuador. Recuperado de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/46495/d-cd102977.pdf?sequence=-1&isallowed=y>

Reynolds, K. A. (2002). *Tratamiento de aguas residuales en latinoamérica identificación del problema*. 4, 4.

Salgado Garcia, N. R. (2023). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales existente y propuesta de un rediseño para el distrito de Macari, Melgar - 2023* (universidad privada san carlos). Universidad Privada San Carlos, Macari, Melgar, Puno. recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/upsc/749>

Valeriano Mamani, E. (2022). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de yunguyo - puno, 2022* (universidad privada san carlos). Universidad Privada San Carlos, Puno. Recuperado de http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/upsc/561/enrique_valeriano_mamani.pdf?sequence=3&isallowed=y



ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia: EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSÉ-AZÁNGARO, 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General: ¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, de acuerdo a los LMP DS. N° 003-2010-MINAM?</p> <p>Específicos: -¿Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM?</p>	<p>General: Evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, de acuerdo a los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.</p> <p>Específicos: -Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro y compararlo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.</p> <p>-Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro y compararlo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM?</p>	<p>General: La planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, no es eficiente de acuerdo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM</p> <p>Específicos: -Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.</p> <p>-Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.</p>	<p>Variable Independiente Eficiencia de la planta de tratamiento</p>	<p>- Aceites y Grasas</p> <p>- Coliformes Termotolerantes</p> <p>- Demanda Bioquímica de Oxígeno</p> <p>- Demanda Química de Oxígeno</p> <p>- pH</p> <p>- Sólidos Totales en Suspensión</p> <p>- Temperatura</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: No experimental</p> <p>DISEÑO Descriptivo</p> <p>Población Aguas residuales que ingresan a la PTAR</p> <p>Muestra Aguas residuales del afluente y efluente</p> <p>Muestreo No probabilístico censal</p> <p>Diseño estadístico: Descriptivo</p>
<p>General: ¿Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM?</p>	<p>General: Evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, de acuerdo a los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.</p> <p>Específicos: -Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro y compararlo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.</p>	<p>General: La planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro, 2024, no es eficiente de acuerdo con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM</p> <p>Específicos: -Los parámetros microbiológicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado Sollocota, distrito de San José - Azángaro no cumplen con los LMP DS. N° 003-2010-MINAM.</p>	<p>Variable Dependiente LMP en el efluente</p>	<p>- Nivel de cumplimiento</p>	<p>Diseño estadístico: Descriptivo</p>

Anexo 02: DS. N° 003-2010-MINAM.

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

 **NORMAS LEGALES**

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

415676

 **NORMAS LEGALES**

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

**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

469446-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 036-2010-MINAM**

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

Artículo 2°.- Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

Artículo 3°.- Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

Artículo 4°.- Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

469445-1

Anexo 03: Panel fotográfico



Figura 03: Primera toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.



Figura 04: Primera toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.



Figura 05: Segunda toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.



Figura 06: Segunda toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.



Figura 07: Primera toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.

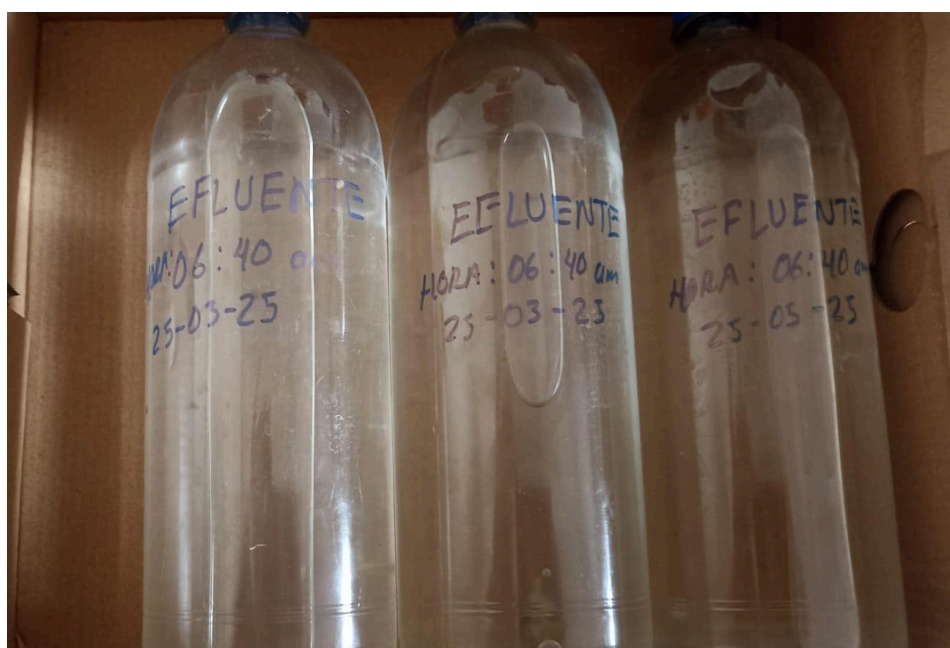


Figura 08: Primera toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.

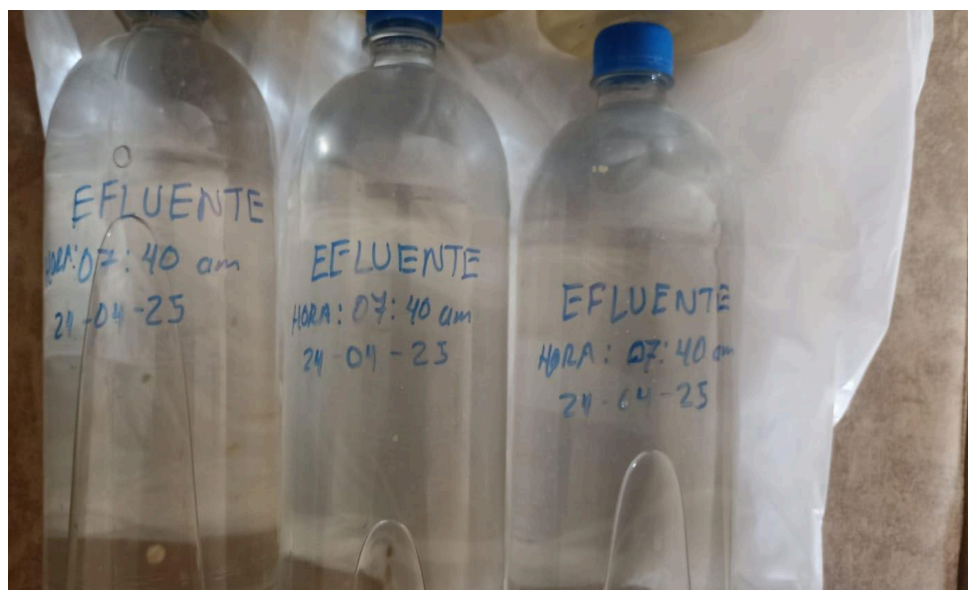


Figura 09: Segunda toma de muestra en el afluente de la PTAR Sollocota.



Figura 10: Segunda toma de muestra en el efluente de la PTAR Sollocota.

Anexo 04: Certificado de análisis



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N.º 00093

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico y Microbiológico: AGUA RESIDUAL

SOLICITANTE : MARCO CHOQUE PARARI

PROCEDENCIA : C.P. SOLLOCOTA SAN JOSE

MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

TITULO : EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSE - AZANGARO, 2024

MUESTREO : 25/03/2025, por el interesado

ANÁLISIS : 25/03/2025

COD. MUESTRA : B009-000

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS	AFLUENTE	EFLUENTE	UNIDADES
pH	6.60	7.01	-
Temperatura	14.10	14.30	°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	50.30	41.30	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	394.85	150.39	mg/L
Aceites y grasas	29.15	16.65	mg/L
Sólidos Totales	262.00	142.00	mg/L
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS			
Coliformes termotolerantes	51	<10	NMP/100ml

Puno, C.U. 07 de abril del 2025.

VºBº



INGENIERO QUÍMICO
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



DECANO
DR. PEDRO DOMÍNGUEZ FLORES
DECANO DE LA F.I.Q.
UNSA - PUNO

Figura 11: Resultado de análisis físico químico y microbiológico de agua residual. primer muestreo

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

N.° 00103

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico químico y Microbiológico: AGUA RESIDUAL

SOLICITANTE : MARCO CHOQUE PARARI
 PROCEDENCIA : C.P. SOLLOCOTA SAN JOSE
 MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
 TITULO : EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO SOLLOCOTA, DISTRITO DE SAN JOSE - AZANGARO, 2024

MUESTREO : 24/04/2025, por el interesado
 ANÁLISIS : 24/04/2025
 COD. MUESTRA : B009-005

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS	AFLUENTE	EFLUENTE	UNIDADES
pH	6.10	7.04	-
Temperatura	13.60	14.16	°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	62.30	40.70	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	401.15	167.27	mg/L
Aceites y Grasas	31.25	17.15	mg/L
Sólidos Totales	283.00	132.20	mg/L
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS			
Coliformes termotolerantes	71	<10	NMP/100ml

Puno, C.U. 28 de abril del 2025.
 VºBº


OSMINA MORALES
Laboratorio de Control de Calidad
Facultad de Ingeniería Química


José Domingo Flores
DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO

Ciudad Universitaria Av. Floral Nº 1153, Facultad de Ingeniería Química – cel.: 951755420

Figura 12: Resultado de análisis físico químico y microbiológico de agua residual. segundo muestreo