

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta
de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización
con fines de riego**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor.

Bach. Thalia Sofia MEZA CASTRO

Asesor:

Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta
de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización
con fines de riego**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
PRESIDENTE

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN
MIEMBRO

Msc. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Jaime Meza Chombo y Betty Castro Espinoza por brindarme los recursos necesarios para poder estudiar, por darme fuerzas para seguir adelante y no rendirme frente a todos los problemas que se presentaban, enseñándome a siempre superar todas las adversidades sin perder nunca la integridad y dignidad ni desfallecer en el intento. A mis hermanos por todo el aliento, el apoyo incondicional que me brindaron, consejos, comprensión, amor y ayuda en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a dios por haberme dado la vida y permitirme lograr mis metas.

A mis padres por brindarme el apoyo incondicional para poder superarme cada día.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por haber contribuido a mi formación profesional y posibilitar este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Daniel Carrión, por haber contribuido en mi formación profesional. A mis familiares, amigos y demás personas, que contribuyeron directa e indirectamente, a ellos mi gratitud eterna

Gracias.

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Santa Ana de Tusi, donde viene funcionando una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y estas aguas que son provenientes de 7 barrios que conforman dicho distrito (Chora, Gulana, Buenos Aires, Shishe, Santa Rosa, Chaupis y Tusicancha).

Dicha planta viene realizando todas las actividades de tratamiento de estas aguas, es así que el presente estudio planteó el objetivo de identificar y determinar cuál es el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego, es así que entonces después de un análisis exhaustivo se llega a las siguientes conclusiones principales: La calidad del agua del efluente y afluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi no está sujeto a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales, lo que nos demuestra su bajo indicador de reúso o reutilización para el riego. Así mismo, para evaluar la calidad de agua residual del distrito de Santa Ana de Tusi se tomó a los parámetros: Conductividad, pH y Temperatura, Aceites y grasas, Demanda química de oxígeno (DQO), DBO5, %OD, STS, Coliformes termotolerantes o fecales, Coliformes fecales, los cuales no se encuentran dentro de los LMP según su normativa. Y por último el sistema de tratamiento elegido y aplicado para las aguas residuales del distrito de Santa Ana de Tusi no es el adecuado, porque presenta ciertas inconsistencias o deficiencias técnicas u operativas; ya que no se logró reducir algunos parámetros como DBO5, DQO, Coliformes Fecales y Totales que son parámetros muy determinantes para decidir la finalidad de reúso de estas aguas.

Palabras claves: PTAR Santa Ana de Tusi, calidad de agua del efluente y afluente, aguas residuales para fines de riego.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the district of Santa Ana de Tusi, where a wastewater treatment plant (WWTP) is operating, and this water comes from 7 neighborhoods that make up the district (Chora, Gulana, Buenos Aires, Shishe, Santa Rosa, Chaupis and Tusicancha).

This plant has been carrying out all the activities of treatment of these waters, so this study aimed to identify and determine the behavior of the water quality of the effluent and influent of the wastewater treatment plant of Santa Ana de Tusi, in the reuse for irrigation purposes, so after a thorough analysis, the following main conclusions were reached: The water quality of the effluent and influent of the Santa Ana de Tusi WWTP is not subject to the parameters of the Wastewater Discharge and Reuse Regulation, which shows us its low indicator of reuse or reuse for irrigation. Likewise, to evaluate the quality of wastewater from the Santa Ana de Tusi district, the following parameters were taken: conductivity, pH and temperature, oils and fats, chemical oxygen demand (COD), BOD5, %OD, STS, thermotolerant or fecal coliforms, and fecal coliforms, which are not within the MPLs according to the regulations. And finally, the treatment system chosen and applied for the wastewater of the Santa Ana de Tusi district is not adequate, because it presents certain inconsistencies or technical or operational deficiencies; since it was not possible to reduce some parameters such as BOD5, COD, fecal and total coliforms, which are very important parameters to decide the purpose of reuse of this water.

Key words: Santa Ana de Tusi WWTP, effluent and influent water quality, wastewater for irrigation purposes.

INTRODUCCIÓN

El agua como recurso hídrico, cubre aproximadamente un 70 % de la superficie total de nuestro planeta. Toda ella participa, de una u otra forma, en el ciclo natural del agua, que permite su preservación tan valiosa para la vida. Pero además de ser imprescindible para asegurar la vida humana, animal y vegetal, constituye un recurso clave para el desarrollo económico, ya que cualquier actividad, sea industrial, agrícola, ganadera o de servicios, necesita de ella. Asimismo, los ecosistemas naturales, dígase aire, suelos, ríos, lagos y mares, reciben siempre, ciertas cantidades de sustancias, principalmente producto de la actividad antropogénica, las cuales se diluyen, se filtran, o se descomponen a través de los diferentes procesos de la naturaleza. Si la entrada de contaminantes a los ecosistemas actuales supera los límites permisibles, por falta de un control adecuado o la no existencia de los mismos ocurre que los ecosistemas no pueden alcanzar la autodepuración, por lo que se puede afirmar que se está en presencia de una contaminación ambiental cuyo grado dependerá proporcionalmente de los niveles de incumplimientos en el monitoreo y ejecución de los controles y normativas existentes. (Cabrera, 2011)

El uso de aguas residuales en la agricultura puede aumentar el ingreso de materia orgánica y nutrientes a los suelos cultivados lo cual contribuye a mantener e incrementar la fertilidad del mismo, pero también puede traer efectos ambientales nocivos que deterioran la calidad del suelo y del agua. No obstante, su uso sin un tratamiento previo puede ocasionar problemas debido al alto contenido de sales, contaminación con metales pesados y la presencia de algunos microorganismos patógenos al hombre. Por ello es necesario evaluar su uso cuantificando su efecto sobre las propiedades químicas del suelo, con el fin de garantizar que su utilización no sólo mejore la fertilidad y productividad del suelo, sino que conlleve a mantener la calidad de este recurso,

garantizando que no ocasionen problemas ambientales, ni de salud pública. (Zamora, et al. 2008)

En la zona de estudio a través de sus organismos gobernantes como este caso la municipalidad pretende generar el desarrollo de la zona, a través de la reutilización de las aguas residuales domesticas que genera el distrito de Sana Ana de Tusi, por tanto, es importante tener presente que estas aguas al ser tratadas en la PTAR deben presentar ciertos valores óptimos para el riego, y generar de alguna manera la ecoeficiencia; por ello es importante conocer a cerca de los principios de ecoeficiencia Municipal en la Gestión de Aguas Residuales Municipales que se enfocan en los siguientes aspectos básicos mencionados por SINIA/MINAM.

“La implementación de la ecoeficiencia se inicia con la mejora de los procesos, aplicando medidas de eficiencia energética, ahorro de agua, buena disposición de residuos sólidos y tóxicos, evitando arrojarlos al alcantarillado. Por otro lado, el análisis del ciclo de vida aplicado al caso del agua implica ver su origen, su uso como medio de transporte de material contaminante, su tratamiento y su reúso. En ese contexto resulta vital impulsar la recirculación del agua, dentro de procesos productivos”. (p.15)

La presente Tesis **“Comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego”**, tiene como objetivo principal la de identificar y determinar cuál es el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego.

Es importante incluir como parte de los objetivos de la gestión Municipal o Regional, un Plan de “reúso de las aguas residuales tratadas”, tal que permita el aprovechamiento integral de los recursos hídricos dentro del ciclo de vida del agua. Allí donde los recursos hídricos son particularmente escasos, el reúso de las aguas residuales coincide con dos objetivos fundamentales: protección a la salud y la gestión ambiental de los recursos hídricos. (SINIA/MINAM, p. 15)

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|---|---|
| 1.1. | Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2. | Delimitación de la investigación..... | 2 |
| 1.3. | Formulación del Problema..... | 3 |
| 1.3.1. | Problema General..... | 3 |
| 1.3.2. | Problemas Específicos..... | 3 |
| 1.4. | Formulación de objetivos..... | 3 |
| 1.4.1. | Objetivo General | 3 |
| 1.4.2. | Objetivos Específicos | 4 |
| 1.5. | Justificación de la Investigación | 4 |
| 1.6. | Limitaciones de la investigación..... | 5 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | | |
|--------|--|----|
| 2.1. | Antecedentes del estudio | 6 |
| 2.2. | Bases teóricas científicas | 12 |
| 2.2.1. | El agua..... | 12 |
| 2.2.2. | Calidad de agua | 12 |
| 2.2.3. | Contaminación del agua..... | 13 |
| 2.2.4. | Agua Residual | 14 |
| 2.2.5. | Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales | 15 |
| 2.2.6. | Importancia del tratamiento y reúso de aguas residuales..... | 16 |
| 2.3. | Definición de términos conceptuales | 18 |
| 2.4. | Enfoque filosófico - epistémico | 20 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1. | Tipo de Investigación..... | 22 |
| 3.2. | Nivel de investigación | 22 |
| 3.3. | Característica de la investigación | 23 |
| 3.4. | Métodos de investigación | 23 |
| 3.5. | Diseño de la investigación | 23 |
| 3.6. | Procedimiento del muestreo..... | 24 |
| 3.6.1. | Población..... | 24 |
| 3.6.2. | Muestra..... | 24 |
| 3.7. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 25 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.8. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 25 |
| 3.9. | Orientación ética | 26 |

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

| | | |
|--------|--|----|
| 4.1. | Presentación, análisis e interpretación de resultados | 27 |
| 4.1.1. | Identificación y determinación de la calidad del agua del efluente y afluente de la PTAR de acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales. | 27 |
| 4.1.2. | Identificación y definición de las fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Santa Ana de Tusi..... | 44 |
| 4.1.3. | Analizar la calidad del agua para riego, para establecer el destino final del agua tratada del distrito de Santa Ana de Tusi..... | 45 |
| 4.2. | Discusión de resultados | 48 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DATOS..... | 13 |
| Anexo 2: INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN..... | 16 |
| Anexo 3: PLANO DE UBICACIÓN DEL LA ZONA DE ESTUDIO..... | 20 |
| Anexo 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 21 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Tipos de contaminantes del agua | 13 |
| Tabla 2: Límites Máximos Permisibles Para los Efluentes de PTAR | 16 |
| Tabla 3: Estaciones de monitoreo de calidad de Agua Residual - PTAR Santa Ana de Tusi | 24 |
| Tabla 4: Resultados de Laboratorio de los Parámetros Fisicoquímicos – PTAR – LMP | 29 |
| Tabla 5: Resultados de Laboratorio de los Parámetros Fisicoquímicos (PTAR – 02) - LMP | 37 |
| Tabla 6: Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos (PTAR Santa Ana de Tusi) - DS N° 003-2010- MINAM – DS N° 015-2015-MINAM | 46 |
| Tabla 7: Contenido total en sales o Conductividad eléctrica | 51 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Potencial de Hidrógeno (pH) PTAR - 01 | 29 |
| Figura 2. Temperatura (T°) – PTAR - 01 | 30 |
| Figura 3. Conductividad Eléctrica – PTAR - 01 | 31 |
| Figura 4. Concentración de Oxígeno Disuelto (OD) – PTAR – 01..... | 31 |
| Figura 5. Concentración de Aceites y Grasas – PTAR - 01 | 32 |
| Figura 6. Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) – PTAR - 01 . | 33 |
| Figura 7. Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) – PTAR - 01 | 34 |
| Figura 8. Concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS)- PTAR - 01 | 35 |
| Figura 9. Concentración de Coliformes Termotolerantes o Fecales – PTAR - 01..... | 35 |
| Figura 10. Concentración de Coliformes Totales – PTAR - 01 | 36 |
| Figura 11. Potencial de Hidrógeno (pH) PTAR – 02 | 37 |
| Figura 12. Temperatura (T°) - PTAR - 02..... | 38 |
| Figura 13. Conductividad Eléctrica - PTAR - 02 | 39 |
| Figura 14. Conductividad Eléctrica - PTAR - 02 | 40 |
| Figura 15. Concentración de Aceites y Grasas - PTAR - 02..... | 40 |
| Figura 16. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) - PTAR - 02 | 41 |
| Figura 17. Demanda Química de Oxígeno (DQO) - PTAR - 02..... | 41 |
| Figura 18. Concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS) - PTAR - 02 | 42 |
| Figura 19. Concentración de Coliformes Termotolerantes o fecales - PTAR - 02 | 43 |
| Figura 20. Concentración de Coliformes Totales - PTAR - 02..... | 44 |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La problemática que se viene presentando a nivel mundial es a cerca del recurso vital del agua, que cada vez se está escaseando a consecuencia del mal uso que se le da, la contaminación ambiental, el calentamiento global y otros, que nos ponen a pensar y buscar otras formas de poder obtener este recurso o poder reutilizarlo.

Actualmente es usual discutir o debatir acerca de la crisis del agua, hecho que se ha convertido ya en una preocupación mundial. Las reservas aprovechables del vital líquido son cada vez menores y poco se ha hecho para corregir este grave problema. No se ha logrado hacer conciencia dentro de la sociedad para hacerle frente a esta amenaza, una amenaza que debe ser combatida por todos. Esta situación deberá corregirse pensando siempre en el bienestar colectivo. (Quiroz, 2009)

A consecuencia de la gran demanda de riego de áreas verdes y de cultivo del distrito de Santa Ana de Tusi, se hace uso de las fuentes de agua naturales con que cuenta la zona como el río Tahuarmayo, Antapirca y otros. Por tanto, el

problema al que nos enfrentamos radica a la administración y uso del recurso, encontrándose este recurso limitado muchas veces a nivel local hasta regional, tanto en cantidad como en calidad dentro de la zona, lo cual incrementa el costo de riego y mantenimiento de áreas verdes y de cultivo, es así pues se podrían reducir los costos de compra de fertilizantes con el reúso de aguas residuales, dada por su carga de nutrientes que puedan presentar estas aguas, y que se podrían determinar a través de un control o monitoreo.

Para satisfacer las necesidades de riego que actualmente se presentan en la zona de estudio, y que son realizadas con agua natural de la zona, es justo y necesario plantear el reúso del recurso agua provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Santa Ana de Tusi, por ser un líquido vital para los seres vivos, y contribuir de esta manera a la conservación de los recursos naturales renovables.

Entonces si se tuviera la oportunidad de reciclar la materia prima que es el agua y reutilizarla en el riego, evaluándose los beneficios que esto conlleva, como el beneficio económico y beneficio ambiental, sin comprometer la satisfacción de la necesidad de riego para las generaciones futuras. Para ello se hace necesario realizar un análisis de los parámetros de agua residual conforme la ley de Descargas vigente, para determinar la calidad del agua y sus posibles usos en la zona de estudio, así como en la reutilización posterior. (Pérez, 2012, pp. vi)

1.2. Delimitación de la investigación.

Este estudio estará delimitado por las aguas residuales de la PTAR de Santa Ana de Tusi, ubicado en la provincia Daniel Alcides Carrión, departamento Pasco, dichas aguas son provenientes de 7 barrios que conforman dicho distrito

(Chora, Gulana, Buenos Aires, Shishe, Santa Rosa, Chaupis y Tusicancha, así mismo estas se enfocarán sobre aspectos o componentes ambientales como el reúso para fines de riego y sus características según los monitoreos realizados de estas aguas, bajo los alcances de los instrumentos normativos y guías peruanas vigentes en cuanto a calidad de agua residual.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

PG: ¿Cuál es el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego?

1.3.2. Problemas Específicos

PE1: ¿La calidad del agua del efluente y afluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi estará sujeto a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales?

PE2: ¿Cuáles son las fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Santa Ana de Tusi?

PE3: ¿Cómo evaluar la calidad del agua residual del distrito de Santa Ana de Tusi – Daniel A. Carrión?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

OG: Identificar y determinar cuál es el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego.

1.4.2. Objetivos Específicos

OE1: Determinar la calidad del agua del efluente de la PTAR de acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales.

OE2: Identificar y definir las fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Santa Ana de Tusi.

OE3: Analizar la calidad del agua para riego, para establecer el destino final del agua tratada del distrito de Santa Ana de Tusi.

1.5. Justificación de la Investigación

Para cumplir con las necesidades de riego de áreas verdes y de cultivo de la zona que actualmente se presentan en el distrito de Santa Ana de Tusi, y que son realizadas muchas veces con agua de los ríos que abastecen a la zona, es imprescindible buscar otras formas de riego como el reúso del recurso agua producto de la PTAR de Santa Ana de Tusi en este caso, de esta manera se contribuirá a la conservación de los recursos naturales renovables y lograremos la sostenibilidad en este aspecto.

Pérez, A. (2012) en su investigación realizada menciona que:

“La opción práctica y que podría reducir costos para riego es la de reúso del agua” es así que podrían “utilizar del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, que actualmente está en funcionamiento y es descargada a la microcuenca que abastece el lago de Amatitlán, rico en nutrientes que conlleva a acelerar el proceso de eutrofización de dicho lago y se desperdicia el potencial que podría ser utilizado en el mantenimiento constante de áreas verdes dentro del campus, y en la reducción de costos por fertilización dada la carga orgánica de las aguas residuales”. (pp. 5)

Por lo expuesto anteriormente la municipalidad distrital de Santa Ana de Tusi en cumplimiento con sus funciones específicas de gestión ambiental, en el marco de la ley orgánica de municipalidades a través de la empresa CENESAM S.A.C. realizar el monitoreo del afluente y efluente de la PTR de Ana de Tusi, con la finalidad de verificar el cumplimiento de los LMP según el D.S. N° 003-2010-MINAM, el cual en base a su comportamiento se podrá identificar y determinar el grado de viabilidad de que estas aguas son óptimas para el reúso en el riego de áreas verdes y de cultivo de la zona en estudio.

Por tanto, en la presente investigación se determinarán las condiciones del tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento del distrito de Santa Ana de Tusi para una posible reutilización con fines de reúso.

1.6. Limitaciones de la investigación

Como limitaciones para el desarrollo de la investigación es el acceso restringido a las instalaciones de la PTAR Santa Ana de Tusi por motivos ya conocidos que es la actual pandemia que nos aqueja a nivel mundial y por protocolos de bioseguridad, limitando a poder observar directamente el proceso de tratamiento, así mismo también por lo general la gestión burocrática retrasa ligeramente el soporte de la información y su sistematización, además de que se requiere del uso de la logística necesaria para obtención de resultados en este caso de los monitoreo efectuados que nos servirán de base en la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

a. A nivel Internacional

Barrantes, E. & Cartín M. (2017) en un artículo presentado sobre: Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica, llegan a la siguiente conclusión después de un monitoreo de los parámetros estipulados para tal caso.

“Los resultados obtenidos del laboratorio permiten afirmar que la planta de tratamiento de aguas residuales bajo estudio cumple con los parámetros permitidos por la legislación vinculante. Asimismo, al comparar los valores obtenidos, con los de otra planta de tratamiento, más moderna y con mantenimiento y funcionamiento adecuado, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas, excepto en S. sed y C°. Por lo tanto, se concluye que la PTAR-SO cumple con los parámetros establecidos en la

legislación nacional, lo cual garantiza que no haya afectación significativa a ningún ecosistema, ni a la salud de las personas”.

Pérez, A. (2012) en su tesis de grado titulado: Utilización con fines de riego del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad universitaria, USAC. Llegando a las siguientes conclusiones:

“El efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales puede reducir en un 26.5 % los costos de riego de áreas verdes; pues se disminuiría el bombeo del pozo de agua para riego que utiliza diariamente 63.54 galones por minuto, de los 240.5 galones por minuto que bombean los pozos, así como determinados fertilizantes, por la carga de nutrientes que tiene el agua residual tratada. De acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales Acuerdo Gubernativo 236 – 2006, la calidad del agua del efluente es apta para: Tipo I reúso para riego agrícola en general, y Tipo V reúso recreativo (incluido riego de áreas verdes)”. (p. 39)

Así mismo refiere que “En el presente caso la finalidad de la reutilización es aumentar el rendimiento aprovechando la materia orgánica y los nutrientes del agua residual”. (p. 41)

Rojas, N.; Sánchez, A.; Matiz, A.; Salcedo, J.; Carrascal, A. & Pedroza, A. (2010) Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. Llega a las siguientes resultados y conclusiones:

Resultados. El PTFTiO₂/UV fue significativamente superior que TLFLF y el PTQ NaClO ($p < 0,0001$) obteniendo 100% de inactivación para coliformes y *E. coli* a los 30 minutos de irradiación a escala de reactor. Respecto a las pruebas de riego de *L. sativa* se demostró que al utilizar el agua tratada por

PTFTiO₂/UV no se presentó contaminación con E. coli y coliformes a los 30 días de proceso. Por el contrario, en las plantas regadas con agua tratada por TLF y PTQ NaClO se observó un incremento en las dos poblaciones generando un problema de contaminación de las hortalizas al finalizar la prueba de laboratorio.

Llegando a una conclusión de que:

“La fotocatalisis heterogénea TiO₂ fue un método eficaz para la reducción de coliformes y E. coli en aguas residuales domésticas”. (p. 139)

Matsumoto, T., & Sánchez, I. (2016). realizaron la investigación titulado Desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Juan de Iracema (Brasil), obteniendo como resultado:

“Se registraron acumulaciones de lodos del 1,3 y 6,5% del volumen de las lagunas anaerobia y facultativa; la **remoción** media de DBO fue del 73,6%, inferior al 80% recomendado por la legislación brasilera”. (p. 176)

Llegando a una conclusión de que:

“la PTAR necesita implementar un sistema de pos tratamiento que garantice remoción adicional de materia orgánica y coliformes para ajustar el efluente a la normatividad ambiental”. (p. 186)

Pérez, J. et al. (2019) en su artículo titulada: Evaluación de la calidad del agua residual para el riego agrícola en Valle del Mezquital, Hidalgo. Llegan a las siguientes conclusiones:

“De acuerdo con los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó esta investigación, se concluyó que el agua residual de la red de drenaje Ciudad de México-Valle del Mezquital presentó una alta variación en su concentración iónica, pero prevaleció su composición bicarbonatada-sódica,

manifestándose en una amplitud de valores de CE, RAS y PSI. No se recomienda el uso de esta agua en la irrigación debido al riesgo de salinización que representa su valor elevado de CE y su dominancia de iones de sodio y bicarbonato que pueden acumularse en la capa arable y dañar la estructura del suelo”.

b. A nivel nacional

Quiroz, P. (2009) en su estudio titulado: Planta de tratamiento de aguas residuales para regadío en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, presenta como principales conclusiones lo siguiente:

“El uso racional de los recursos hídricos, es vital para la humanidad, debiendo destinar las fuentes de agua dulce para el consumo humano y aprovechar los desagües tratados mediante plantas de tratamiento, en el riego de las áreas verdes”. “Un gran beneficio del uso de las plantas de tratamiento de agua residual, es la preservación de la salud pública y del medio ambiente, así como la disminución de las descargas de aguas contaminadas al océano”.

(p. 148)

Cabrera A. (2011) en su investigación titulada: Propuesta de reutilización del efluente de la planta de tratamiento Tryp Península en fuentes ornamentales y espejos de agua de los hoteles ubicados en el sector Punta Hicacos. Obtiene como resultados lo siguiente:

“El efluente de la planta de tratamiento cumple los niveles más exigentes establecidos para el vertimiento y reutilización, por lo que puede ser reutilizado en las fuentes y espejos de agua. Los consumos de agua en las fuentes y espejos de agua que se requieren en los hoteles, se pueden satisfacer con un 5.72% y un 8.35% del efluente de la planta de tratamiento que se

infiltra, en dependencia de la época del año. El ahorro de agua potable al sustituir ésta por agua de reúso en fuentes y espejos de agua ornamentales representa un valor anual de 20670,10 m³/año. El ahorro económico que se produce al sustituir el agua potable por agua de reúso en fuentes y espejos de agua ornamentales es de 1636,39 cuc/mes y 19636,68 cuc/año”.

Calderón, J. (2018) en su investigación “Mejora del sistema de reúso de agua en una planta de licuefacción de gas, en el desierto costero peruano”, llega a las siguientes conclusiones:

“Luego de la implementación, se puede evidenciar por los caudalímetros de las plantas de tratamiento de agua, que el vertimiento al mar se eliminó y que el volumen de agua que quedó en el sistema de reúso aumentó en 35%, por lo cual, cuantitativamente, existe un aumento en el volumen de agua disponible para todas las actividades de reúso de agua en la Planta Melchorita. Así mismo, los parámetros físico-químicos analizados para el efluente tratado CPI, se encuentran dentro del límite que rige la norma pertinente, en los Límites Máximos Permisibles exigidos en el D.S. 037-2008-PCM “Límites Máximos Permisibles de Efluentes Líquidos para el Subsector Hidrocarburos”. Y a su vez cumplen con el ECA Agua Categoría 3 (Riego de Vegetales). Por lo cual, el agua tratada es perfectamente reutilizable para los fines expuestos”.

(p. 150)

“...se evidencia una mayor disponibilidad de agua de reúso para asegurar las pruebas contra incendio, haciendo posible la preparación ante emergencias y minimizar cualquier multa o sanción por incumplimiento ante OSINERGMIN. Podemos afirmar también, que el efecto que tiene la descarga de salmuera sobre el cuerpo receptor en sus diversos puntos monitoreados no

ejerce ningún impacto negativo sobre la calidad del agua del Mar de Melchorita. PERÚ LNG S.R.L cumple con la Normativa Nacional vigente en materia de efluentes industriales y con los Estándares de Calidad de Agua reutilizando ésta para fines de riesgo y control de polvo, mejorando la calidad de vida de los trabajadores”. (p. 151)

Ancalle, C. & Ledesma, W. (2020) estudio titulado: Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yaulí – Huancavelica. Los autores presentan como resultados lo siguiente:

“...la concentración promedio de la demanda bioquímica de oxígeno en el efluente de la PTAR es de 670.57mg/L dicho parámetro no cumple con los límites máximos permisibles de acuerdo a D.S. N°003-2010 –MINAM, puesto que el % de remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales del Distrito de Yauli es de 3.98% y con respecto a los cuatro parámetros (demanda química de oxígeno, aceites y grasas, coliformes termotolerantes y sólidos solubles totales), si 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 o fecales es de 44.48% y el % de remoción de sólidos solubles totales es de 73.15%”. (p. x)

Por tanto, llegando a la conclusión de:

“...que la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yaulí es eficiente debido a que remueve la mayoría de los parámetros de control y cumplen con los límites máximos permisibles, a excepción de la demanda

bioquímica de oxígeno que supera los límites máximos permisibles siendo el único parámetro que no puede mover la PTAR de Yaulí, para el procesamiento de datos de los resultados se utilizó el estadístico de Kolmogorov-Smirnova y Shapiro-Wilk”. (pp. xi)

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. El agua

“El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y reproducción de la vida en el planeta que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible”. (USMP, 2013)

El agua es el componente más abundante en los medios orgánicos, los seres vivos contienen por término medio un 70% de agua. No todos tienen la misma cantidad, los vegetales tienen más agua que los animales y ciertos tejidos (por ejemplo: el tejido graso) contienen menos agua -tiene entre un 10% a un 20% de agua- que otros como, por ejemplo: el nervioso, con un 90% de agua. También varía con la edad, así, los individuos jóvenes tienen más agua que los adultos. (USMP, 2013)

“Aproximadamente el 60 a 70% del organismo humano está compuesto de agua teniendo en cuenta que en forma natural casi no existe pura, siempre contiene sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión”. (Asano & Levine, 1998).

2.2.2. Calidad de agua

“La calidad del agua está definida por su composición química y por sus características físicas y biológicas, adquiridas a través de los diferentes procesos naturales y antropogénicas. Éstos implican contacto y disolución de los

componentes minerales de las rocas sobre las cuales el agua actúa como agente meteorizante, en sus diferentes estados de adherencia (sólido, líquido y gaseoso), además de intervenir como disolvente de los gases presentes en la atmósfera. La calidad del agua natural y su variación espaciotemporal se modifica por el influjo de las múltiples actividades socioeconómicas, de acuerdo con las características propias de estas dinámicas. Comúnmente la calidad del agua se expresa en términos de cantidades mensurables y relacionadas con su uso potencial. La composición general de los diversos tipos de agua en la hidrosfera puede estudiarse mejor dentro del marco de referencia del ciclo hidrológico”. (García et al., 2001) (Citado por Ancalle, 2020, pp. 30, 31)

2.2.3. Contaminación del agua

La contaminación consiste en una modificación generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola inapropiada o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural. (García, 2019, p. 30)

Tabla 1: Tipos de contaminantes del agua

| COMUNES DEL AGUA TIPO | EJEMPLOS |
|-----------------------|--|
| Químico | <ul style="list-style-type: none"> • Sales disueltas: ácidos, sales y compuestos de metales tóxicos Hg y Pb. • Nutrientes vegetales inorgánicos como nitratos y fosfatos. • Sustancias orgánicas: Petróleo, aceites, plaguicidas, solventes, detergentes, etc. |
| Físico | <ul style="list-style-type: none"> • Sólidos flotantes. • Material suspendido: partículas insolubles, suspendidas. • Material sedimentable: • Espumas, líquidos insolubles y calor: enfriamiento de máquinas y plantas. |
| Biológico | <ul style="list-style-type: none"> • Bacterias patógenas: que producen fiebre tifoidea, cólera, disentería, enteritis, etc. • Virus: hepatitis infecciosa, poliomielitis. • Protozoarios: disentería amebiana, giarda. • Gusanos parásitos: esquistosomiasis. • Maleza acuática: algas. |

Fuente: García, 2019, pp. 31)

2.2.4. Agua Residual

El agua residual se puede definir como la mezcla de los residuos líquidos que provienen de residencias, establecimientos públicos, industriales y comerciales, a los que se les puede incorporar eventualmente aguas subterráneas, superficiales y pluviales, (Hierro, 2005). Son generalmente de color oscuro, por lo que algunos autores la denominan aguas negras. También es común encontrar otra denominación como es aguas servidas; sin embargo, hay autores que establecen una diferencia entre aguas residuales y aguas servidas, esta diferencia viene dada en el primer caso a la mezcla de aguas domésticas e industriales, mientras que las aguas servidas, plantean son exclusivamente del uso doméstico (Metcalf y Eddy, 1995; Marsilli, 2005; Serrano, J. H. M., et al, 2006). El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. (Cabrera, 2011)

A. Origen de las aguas residuales

a) Aguas residuales domésticas: Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (OEFA, 2014). (citado por Ancalle, 2020, p. 36)

b) Aguas blancas: Estas aguas son de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración (Espinares et al, 2005).

c) Aguas residuales industriales: Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera,

agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (OEFA, 2014). (citado por Ancalle, 2020, p. 37)

d) Aguas residuales agrícolas: Son aguas de procedencia agrícola o zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Espinares et al, 2005).

B. Tratamiento de aguas residuales urbanas

El tratamiento de las aguas residuales urbanas admite la aplicación de unos procesos físicos, biológicos y químicos, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes en la normativa y puedan ser asimilados de forma natural por medios receptores.

Durante el proceso de depuración de las aguas residuales generadas existen dos factores a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el tratamiento. Estos son, los componentes de dichas aguas y el orden de eliminación de estos durante el proceso (Martin, et al., 2006, p. 45).

2.2.5. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

Según el Decreto Supremo N°003-2010 - MINAM, Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, se define como la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros 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 (MINAM, 2010).

Tabla 2: Límites Máximos Permisibles Para los Efluentes de PTAR

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

Fuente: MINAM, 2010

Así mismo para Andaluz, 2011 & De la Puente, 2008). Los Límites Máximos Permisibles (LMP) regulan la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o emisión de una operación, teniendo en consideración criterios específicos de la capacidad de dilución de la descarga del cuerpo receptor y que se obtienen midiéndolos directamente de la fuente contaminadora (citado por Calderón, 2018, p. 33)

2.2.6. Importancia del tratamiento y reúso de aguas residuales

Las aguas residuales producidas en el ámbito municipal requieren el tratamiento apropiado, previo a su reúso o disposición final, con la finalidad de proteger el ambiente y la salud de la población. En la perspectiva de los Municipios Ecoeficientes, se trata de plantear la mejor combinación de opciones tecnológicas, que permitan el tratamiento de las aguas contaminadas, minimizando el uso de recursos disponibles, con el mayor beneficio ambiental y al menor costo económico.

En la selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, la ecoeficiencia busca integrar unidades que en conjunto permitan alcanzar los objetivos del tratamiento, pero basado en los siguientes criterios:

- Menor área de terreno empleado.
- Reducir el empleo de energía eléctrica.
- Reducir el uso de químicos u otros insumos que impliquen consumo de recursos y por lo tanto mayor costo.
- Reducir la generación de lodos resultantes del proceso de tratamiento.
- Promover la generación de biogás como subproducto del tratamiento.
- Reúso de las aguas residuales tratadas.



Figura 1: Vista panorámica de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas, implementado en el distrito de San Borja - Lima.

El resultado de un sistema ecoeficiente de tratamiento de desagües es finalmente aquel que priorice los máximos beneficios que se pueda obtener con dicho sistema.

La generación de biogás en sistemas de tratamiento con procesos biológicos anaerobios ha sido ya empleada en varias zonas con climas cálidos y puede ser

promovido como una tecnología de enfoque ecoeficiente. (SINIA – MINAM, p. 19)

2.3. Definición de términos conceptuales

Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), es la medida de la concentración o de grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

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.

Monitoreo de calidad de agua. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua, con el objetivo de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación.

Calidad de agua. Para la Autoridad Nacional del Agua, según el Protocolo Nacional de monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales (2016), es el estudio que permite conocer la calidad natural y actual del agua, determinar la capacidad de dilución de contaminantes y clasificar los cuerpos naturales del agua. Esta clasificación permitirá identificar las aguas de calidad aptas para usos prioritarios y para la protección o conservación.

Aguas Residuales. La definición de las aguas residuales según el D.S.N 003-2010 MINAM LMP:

“Las Aguas Residuales pueden definirse como las aguas que provienen después de su uso, las mismas que han sido alteradas en su cantidad y calidad por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. El tratamiento de AR consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua. Adecuar la calidad de las AR a los requisitos necesarios para disposición final o reúso”.

La definición de aguas residuales según la OEFA: “Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado”. (Citado por Calderón, 2018, p. 44)

Afluente. En hidrología corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar sino en otro río de mayor caudal con el cual se une en un lugar llamado confluencia. Se llama afluente al menor de los dos ríos que se están uniendo, el que presenta menor volumen de agua y menor caudal, sin embargo, es posible encontrar varias excepciones a esta característica. (Pérez, 2012, p. iii)

Afluente de tratamiento de agua residual. Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio o algún proceso de tratamiento. (Pérez, 2012, p. iii)

Caracterización de un efluente o un afluente: La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y Disposición de Lodos Acuerdo Gubernativo 236 – 2006. (Pérez, 2012, pp. iii)

Efluente. Es la descarga de una planta de tratamiento (de aguas residuales o potabilizadora) o sistema de alcantarillado hacia la red pública o cuerpo receptor. (Pérez, 2012, p. iv)

Reúso. El aprovechamiento de un efluente, tratado o no. (Pérez, 2012, p. iv)

Reutilización. Son acciones que permiten el volver a usar un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente. (Pérez, 2012, pp. vi)

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

La investigación bajo el enfoque cualitativo se sustenta en evidencias que se orientan más hacia la descripción profunda del fenómeno con la finalidad de comprenderlo y explicarlo a través de la aplicación de métodos y técnicas derivadas de sus concepciones y fundamentos epistémicos, como la hermenéutica, la fenomenología y el método inductivo. (Sánchez, 2019)

Es así que utilizando parámetros epistémicos más rigurosos, la investigación cualitativa como es este caso, “su origen se remonta a la aplicación de la observación e interpretación sistemática de los hechos, pudiendo bien catalogarse la especulación filosófica como las primeras formas de investigación cualitativa de los fenómenos, pues su finalidad era la comprensión de los hechos que acaecen en el mundo, desde la indagación sobre el cambio perenne de la naturaleza, hasta los estudios contemporáneos para comprender las diferencias lingüísticas entre dos grupos étnicos cercanos. Si bien se puede catalogar a la filosofía como una forma de indagación cualitativa de la realidad, la investigación cualitativa no se limita a ella, como la filosofía no se limita a la hermenéutica (Mosterín, 2011), fenomenología ni al humanismo, pues ellas son corrientes

metodológicas entre otras muchas de las que se valen los filósofos para comprender y aprehender el mundo”. (Sánchez, 2019)

Para que exista un hecho en este caso algo relacionado con el medio ambiente o la naturaleza y que se vea perjudicado o alterado es imprescindible relacionarlo con las personas que lo habitan porque a través de sus actividades o acciones vienen ocasionando ciertos problemas ambientales año tras año, y que están dejando un planeta enfermo y insostenible para el futuro, entonces tiene una explicación filosófica de causa – efecto.

Así también sostiene Leff (1998:43) que:

“la destrucción ecológica y el agotamiento de los recursos no son problemas generados por procesos naturales, sino determinados por las formas sociales y los patrones tecnológicos de apropiación y explotación económica de la naturaleza”.

Por tal motivo es imprescindible de conocer; modos éticos aprobados con la condición de dignidad que comparten los seres vivos en relación con el medio ambiente en favor de un planeta más viviente, pero buscando a lo máximo un equilibrio sostenible y lograr un ambiente más sano y productivo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es Básica: Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica, debido a generar conocimientos y teorías nuevas. (Hernández et al., 2014).

Así mismo es descriptivo, porque se describen los hechos tal como ocurren interrelacionando ambas variables del estudio, es decir que los resultados del monitoreo que se recopilaban de la calidad de agua residual (Afluente y efluente), que luego fueron comparadas con la normativa ambiental en busca de su comportamiento en la reutilización con fines de riego de la zona en estudio.

3.2. Nivel de investigación

El presente estudio es del nivel descriptivo porque mi propósito es describir los eventos que se presentan en mi estudio a través de las variables, es decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno, y relacionar ambas variables de estudio.

3.3. Característica de la investigación

La presente como característica primordial es que es una investigación no experimental del tipo descriptivo.

El estudio es Procedimental ya que sigue un proceso ordenado en busca de resultados, que se inicia con una idea, sigue una hipótesis y alcanza una meta o producto final, Es Sistemática: porque sigue un orden o un sistema y Estructurada porque cada parte de esta investigación debe estar relacionada entre sí. (Zita, A. 2022)

3.4. Métodos de investigación

Busca precisar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente se pretendió medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refiere el estudio (Resultados del monitoreo) para luego relacionarlo con la otra variable, Por lo tanto, la presente investigación tiene un nivel de investigación descriptivo, (Hernández et al., 2014).

3.5. Diseño de la investigación

El estudio presenta como diseño de estudio al: Diseño exploratorio secuencial donde la recopilación y el análisis de datos de la investigación cualitativa van seguidos por la recopilación y el análisis de datos cuantitativos. Se da prioridad al aspecto cualitativo del estudio y las conclusiones se integran durante la fase de interpretación del estudio. (QuestionPro, 2022).

3.6. Procedimiento del muestreo

3.6.1. Población

La investigación presenta como población de estudio a la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Santa Ana de Tusi – Daniel A. Carrión - Pasco.

3.6.2. Muestra

La muestra está dada por los puntos de monitoreo para evaluar la calidad del agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, se evaluó en 2 puntos de monitoreo de la calidad de agua residual ubicado en el ingreso y salida del PTAR Santa Ana de Tusi y es el siguiente:

Tabla 3: Estaciones de monitoreo de calidad de Agua Residual - PTAR

Santa Ana de Tusi

| Estaciones de Monitoreo | Descripción | Coordenadas UTM (1) | | |
|-------------------------|--|---------------------|---------|--------------------|
| | | Este | Norte | Altitud (m.s.n.m.) |
| PTAR – 01 | Ubicada al norte de la PTAR en la captación de las aguas residuales, a 100 m de distancia de la captación (Afluente) | 0352113 | 8841770 | 3719 |
| PTAR – 02 | Ubicado a 10 m abajo del Efluente de la PTAR (Efluente) | 0352158 | 8841849 | 3687 |

(1) Coordenada UTM en el sistema WGS 84, zona 18L

Fuente: CENESAM S.A.C.

La municipalidad distrital de Santa Ana de Tusi en cumplimiento con sus funciones específicas de gestión ambiental, en el marco de la ley orgánica de municipalidades a través de la empresa CENESAM S.A.C. realizar el monitoreo del afluente y efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi, con la finalidad de

verificar el cumplimiento de los LMP según el D.S. N° 003-2010-MINAM, el cual en base a su comportamiento se podrá identificar y determinar el grado de viabilidad de que estas aguas son óptimas para el reúso en el riego de áreas verdes y de cultivo de la zona en estudio.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recopilar datos de la presente investigación se utilizó como técnicas e instrumentos a lo siguiente:

- Recolección de los resultados del monitoreo efectuado de agua residual (normativa vigente) según los puntos de monitoreo ya mencionado anteriormente (ver muestra) y entregado por el laboratorio Envirotest S.A.C. a CENESAM S.A.C. quienes se encargarían de emitir opinión y análisis sobre los resultados, metodologías y procedimientos aplicados en el monitoreo, que luego fueron entregados para fines de esta investigación a través de la municipalidad distrital de Santa Ana de Tusi
- Informe del monitoreo de calidad del agua residual, Distrito de Santa Ana de Tusi – Provincia Daniel A. Carrión – Pasco, a través de CENESAM S.A.C.
- Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (Resolución Ministerial N° 273 – 2013 – VIVIENDA).
- Norma Técnica OS. 090, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, y el artículo 136 del D.S. N° 001-2010-AG, respectivamente.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Como técnicas de procesamiento y análisis de datos se tiene a un conjunto de acciones a seguir para lograr obtener los datos requeridos y consta de lo siguiente:

- Realizar la gestión administrativa con la municipalidad de Santa Ana de Tusi y el laboratorio Envirotest S.A.C. a través de CENESAM S.A.C., con la finalidad de poder efectuar una serie de coordinaciones administrativas y se nos proporcione la información requerida.
- Se efectuó la sistematización de los datos obtenidos a través de cuadros que sirvieron de base para el análisis.
- Luego se siguió con el análisis e interpretación de los resultados confrontados con la normativa ambiental pertinente, para poder identificar el comportamiento de estas en el medio ambiente, el grado de cumplimiento de estas y la viabilidad en la reutilización con fines de riego en la zona de estudio.

3.9. Orientación ética

Cada parte de esta investigación contiene información importante sobre el tema de gran interés en la población de estudio, gobierno local y regional, los datos y resultados obtenidos provienen de fuentes primarias seguras, fueron estructurados según el esquema proporcionado por la UNDAC a través del área de grados y títulos, los resultados y discusión son presentados según los objetivos planteados e hipótesis de la investigación, y doy fe que es una investigación única y relevante.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Para la obtención de los resultados del presente estudio de investigación, se ha obtenido información de campo y es sobre el cual se fundamenta lo descrito a continuación:

4.1.1. Identificación y determinación de la calidad del agua del efluente y afluente de la PTAR de acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales.

La municipalidad distrital de Santa Ana de Tusi en cumplimiento con sus funciones específicas de gestión ambiental, en el marco de la ley orgánica de municipalidades a través de la empresa CENESAM S.A.C. realizar el monitoreo del afluente y efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi, con la finalidad de verificar el cumplimiento de los LMP según el D.S. N° 003-2010-MINAM, el cual en base a su comportamiento se podrá identificar y determinar el grado de viabilidad de que estas aguas son óptimas para el reúso en el riego de áreas verdes y de cultivo de la zona en estudio.

La toma de muestra se realizó considerándose un (1) punto de monitoreo en el efluente y un (1) punto de monitoreo en el afluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi. Dicho monitoreo lo realizó el laboratorio ENVIROTEST SAC, que se encuentra acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad – INACAL.

El monitoreo y análisis siguió los lineamientos del “Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” (Resolución Ministerial N° 273 – 2013 – VIVIENDA)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de agua residual ubicados en la PTAR de Santa Ana de Tusi:

A. Afluente (PTAR – 01)

En la tabla 4 se presentan los resultados del punto de monitoreo PTAR – 01 verificando su cumplimiento de los LMP según el D.S. N° 003-2010-MINAM y es el siguiente:

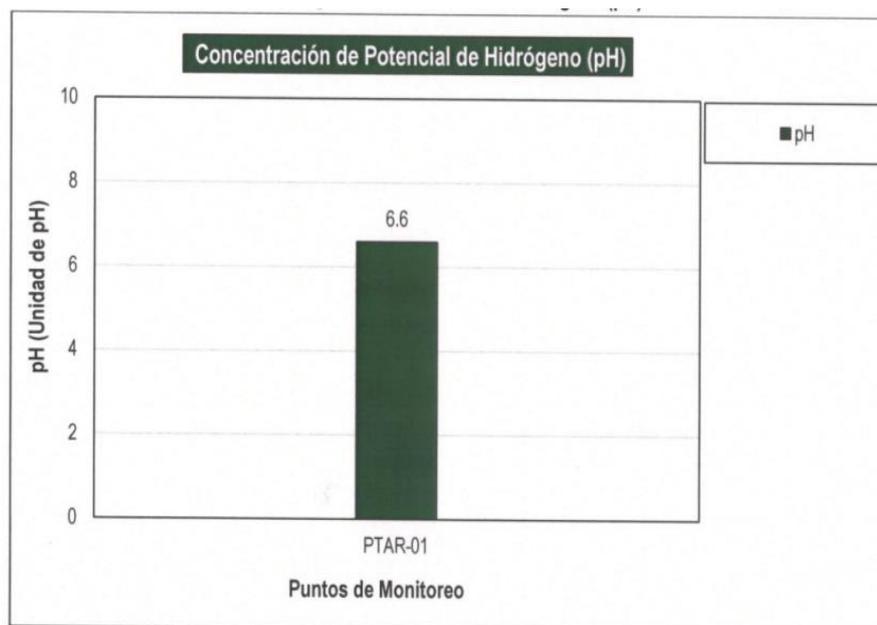
**Tabla 4: Resultados de Laboratorio de los Parámetros Físicoquímicos –
PTAR – LMP**

| PARÁMETRO | UNIDADES | PUNTO DE MONITOREO | LMP de Efluentes (DS N° 003-2010-MINAM) |
|----------------------------|----------------|--------------------|---|
| | | PTAR - 01 | |
| pH | Unidades de pH | 6,6 | 6,5 – 8,5 |
| Temperatura | °C | 14,4 | <35 |
| Conductividad | μS/cm | 349 | -- |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 6,09 | -- |
| Aceites y Grasas | mg/L | 16,1 | 20 |
| DBO5 | mg/L | 92,3 | 100 |
| DQO | mg/L | 209,9 | 200 |
| STS | mg/L | 111 | 150 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 3 300 000 | 10 000 |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 3 300 000 | -- |

Fuente: ENVIROTEST SAC – Informe Ensayo N° 195638

a. Potencial de Hidrógeno (pH)

Figura 1. Potencial de Hidrógeno (pH) PTAR - 01



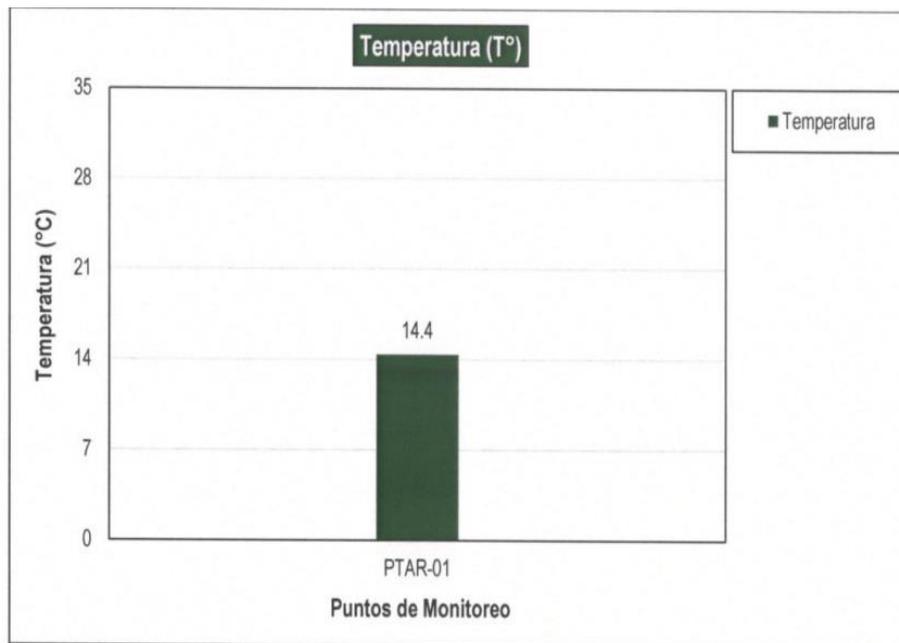
Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 1 se presenta el resultado de pH en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se registró el valor de 6,6 unid. de pH y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

b. Temperatura (T°)

En la figura 2 se presenta el resultado de temperatura en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 14,4 °C y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra también dentro de los parámetros establecidos.

Figura 2. Temperatura (T°) – PTAR - 01

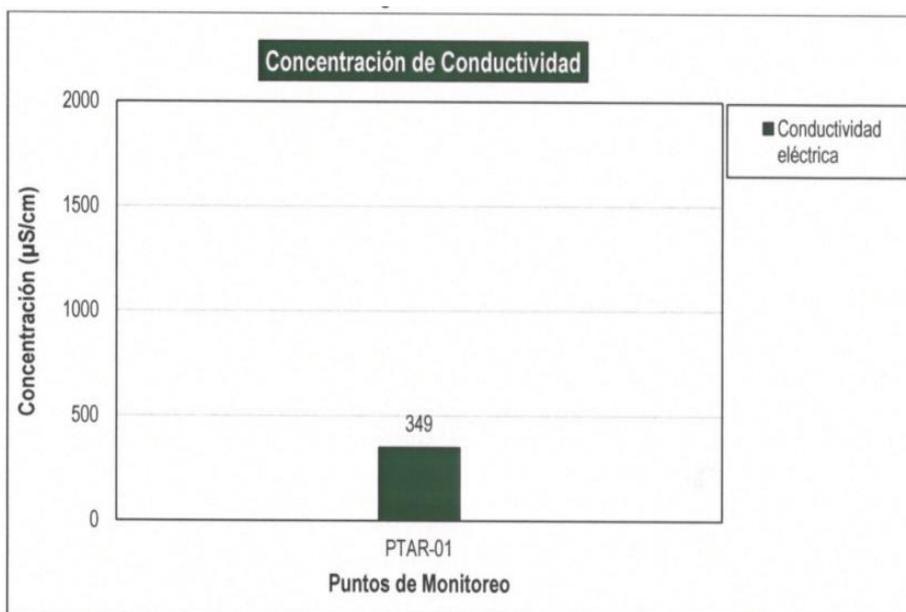


Fuente: CENESAM SAC.

c. Conductividad Eléctrica

En la figura 3 se presenta el resultado de Conductividad en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 349 µS/cm.

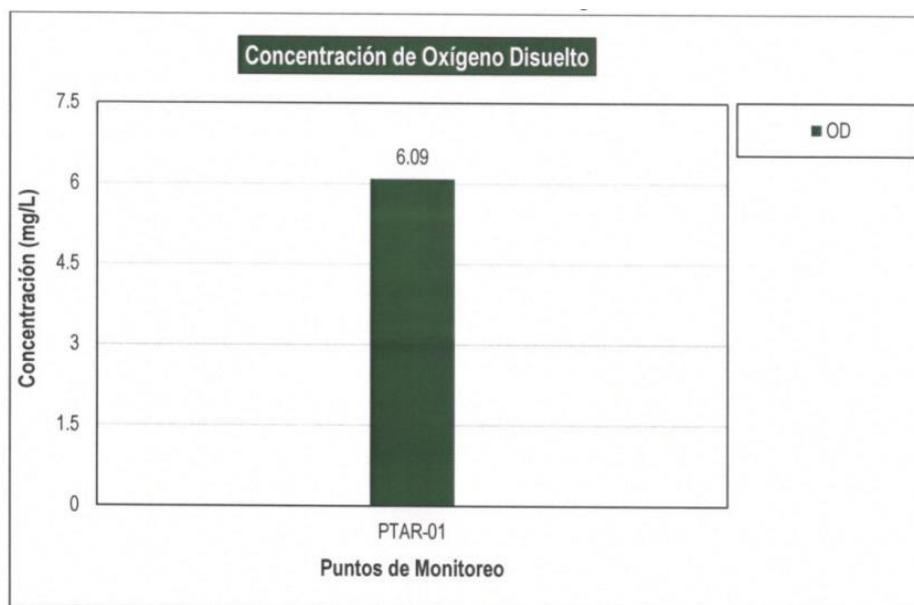
Figura 3. Conductividad Eléctrica – PTAR - 01



Fuente: CENESAM SAC.

d. Oxígeno Disuelto (OD)

Figura 4. Concentración de Oxígeno Disuelto (OD) – PTAR – 01

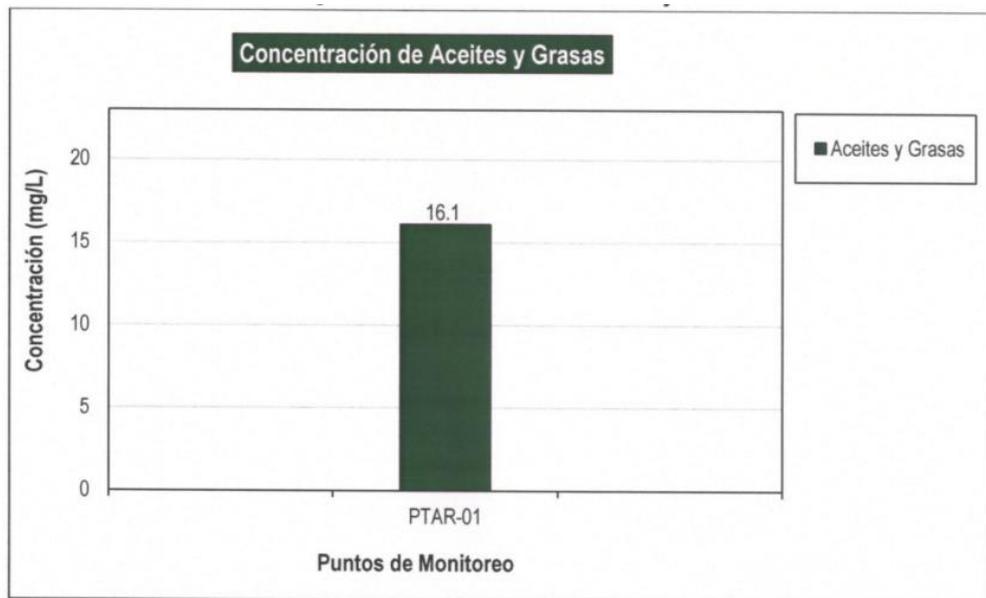


Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 4 se presenta el resultado de Oxígeno Disuelto en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 6,09 mg/L.

e. Aceites y Grasas

Figura 5. Concentración de Aceites y Grasas – PTAR - 01

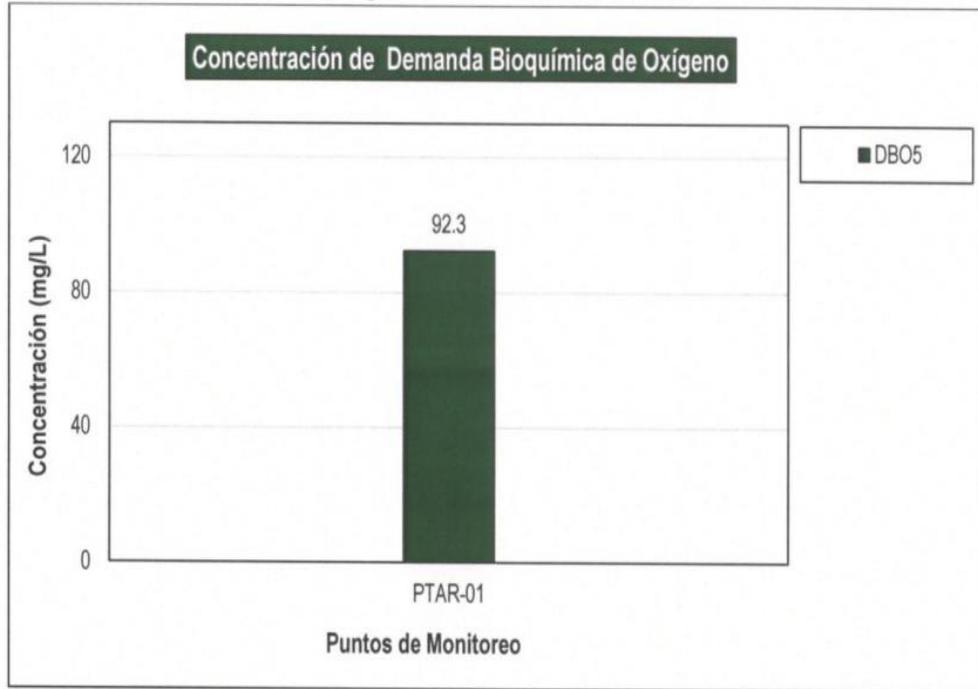


Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 5 se presenta el resultado de Aceites y Grasas en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 16,1 mg/L y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra también dentro de los parámetros establecidos.

f. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Figura 6. Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) – PTAR - 01



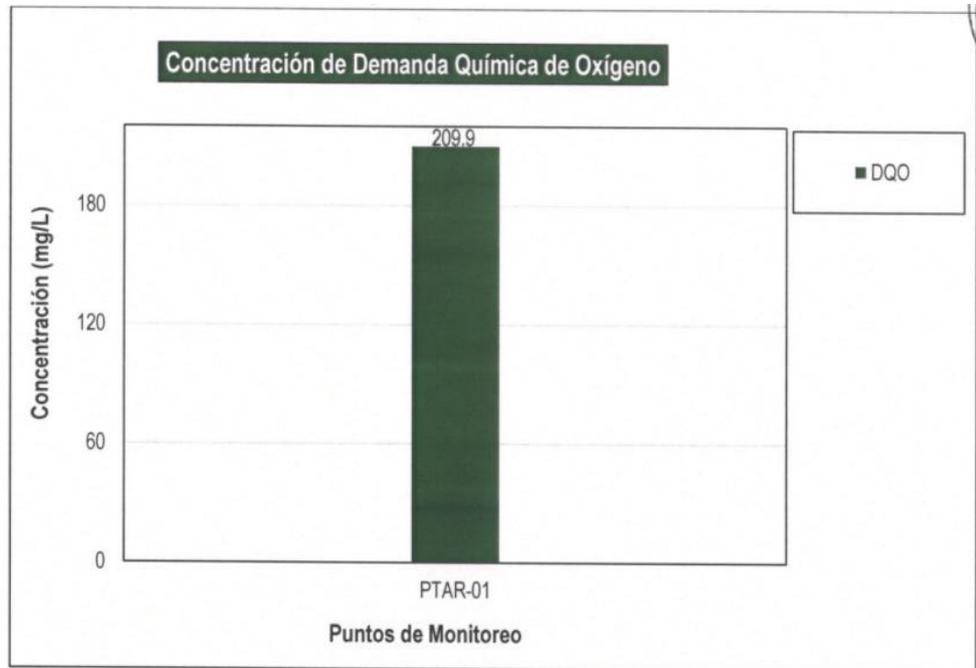
Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 6 se presenta el resultado de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 92,3 mg/L y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra también dentro de los parámetros establecidos.

g. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Figura 7. Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) – PTAR

- 01



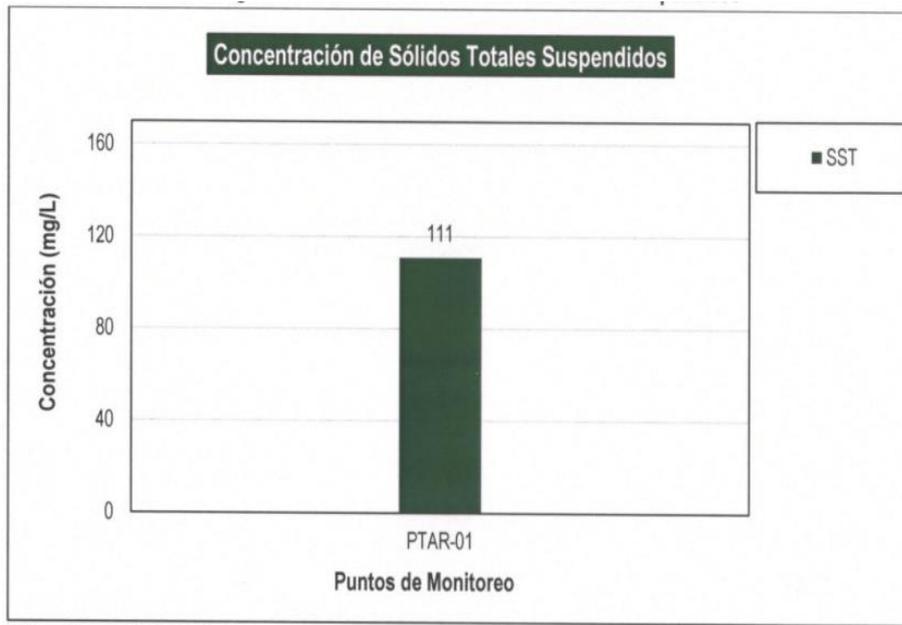
Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 7 se presenta el resultado de DQO en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 209,9 mg/L y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra sobrepasando ligeramente los parámetros establecidos, por tanto, se denomina medianamente contaminada.

h. Sólidos Totales Suspendidos (STS)

En la figura 8 se presenta el resultado de STS en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 111 mg/L y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

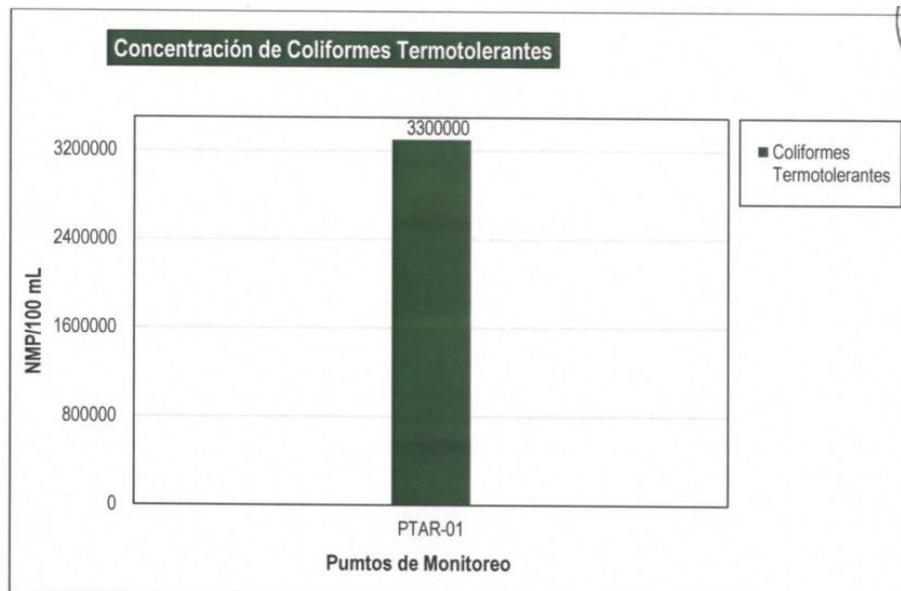
Figura 8. Concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS)- PTAR - 01



Fuente: CENESAM SAC.

i. Coliformes Termotolerantes o Fecales

Figura 9. Concentración de Coliformes Termotolerantes o Fecales – PTAR - 01



Fuente: CENESAM SAC.

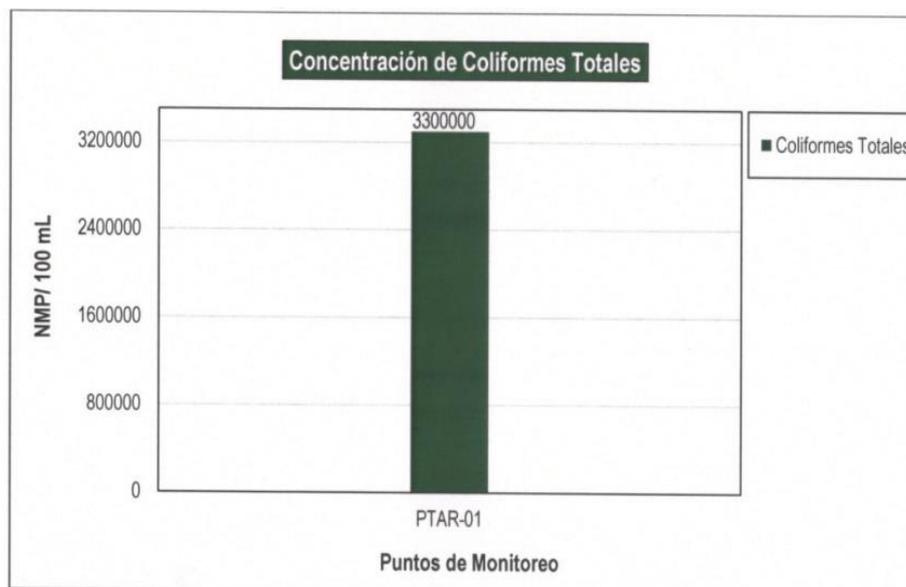
En la figura 9 se presenta el resultado de Coliformes termotolerantes o fecales en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 3 300 000 mg/L y confrontándolo con LMP de Efluentes

(DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra muy por encima de los parámetros establecidos, por tanto, es agua sumamente contaminada.

j. Coliformes Totales

En la siguiente figura 10 se presenta el resultado de Coliformes Totales en el punto de monitoreo PTAR – 01, y se reportó una concentración de 3 300 000 mg/L y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra muy por encima de los parámetros establecidos al igual que los coliformes termotolerantes, por ello es agua contaminada.

Figura 10. Concentración de Coliformes Totales – PTAR - 01



Fuente: CENESAM SAC.

B. Efluente (PTAR – 02)

En la tabla 5 se presentan los resultados del punto de monitoreo PTAR – 02 (Efluente) verificando su cumplimiento de los LMP según el D.S. N° 003-2010-MINAM y es el siguiente:

Tabla 5: Resultados de Laboratorio de los Parámetros Físicoquímicos

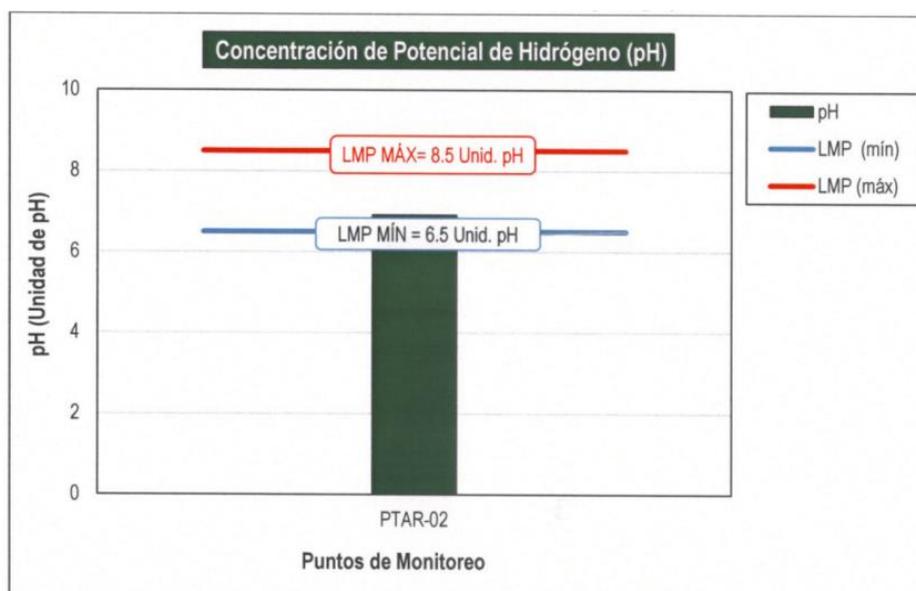
(PTAR – 02) - LMP

| PARÁMETRO | UNIDADES | PUNTO DE MONITOREO | LMP de Efluentes (DS N° 003-2010-MINAM) |
|----------------------------|----------------|--------------------|---|
| | | PTAR - 01 | |
| pH | Unidades de pH | 6,91 | 6,5 – 8,5 |
| Temperatura | °C | 12,8 | <35 |
| Conductividad | μS/cm | 488 | -- |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 7,07 | -- |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0,8 | 20 |
| DBO5 | mg/L | 57,4 | 100 |
| DQO | mg/L | 137,7 | 200 |
| STS | mg/L | 68 | 150 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 170 000 | 10 000 |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 490 000 | -- |

Fuente: ENVIROTEST SAC – Informe Ensayo N° 195638

a. Potencial de Hidrógeno (pH)

Figura 11. Potencial de Hidrógeno (pH) PTAR – 02



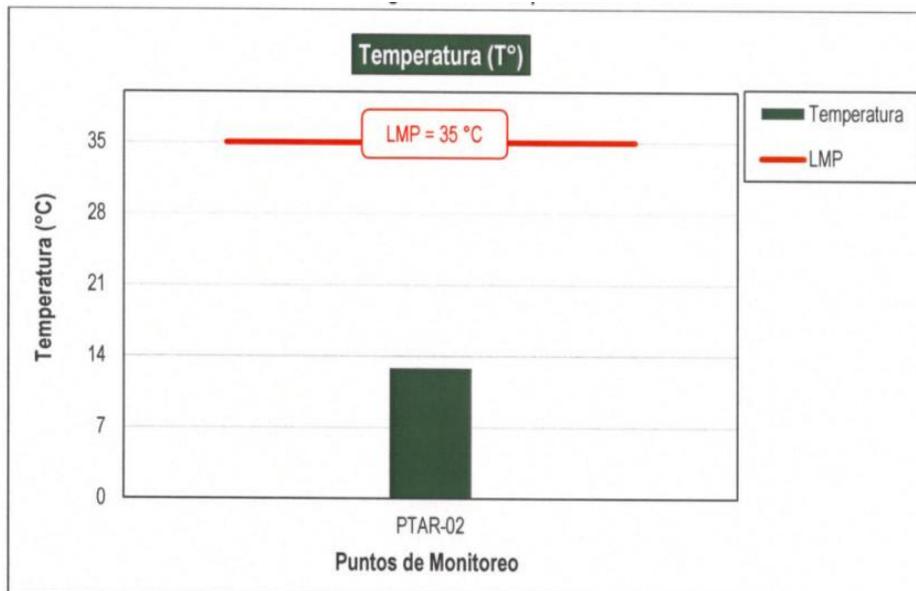
Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 11 se presenta el resultado de pH en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 6,91 unid. de pH y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que se encuentra dentro del rango establecido en los límites máximos permisibles.

b. Temperatura (T°)

En la figura 12 se presenta el resultado de Temperatura (T°) en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 12,8 °C y confrontándolo con LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM) se demuestra que no supera el valor establecido en los límites máximos permisibles.

Figura 12. Temperatura (T°) - PTAR - 02

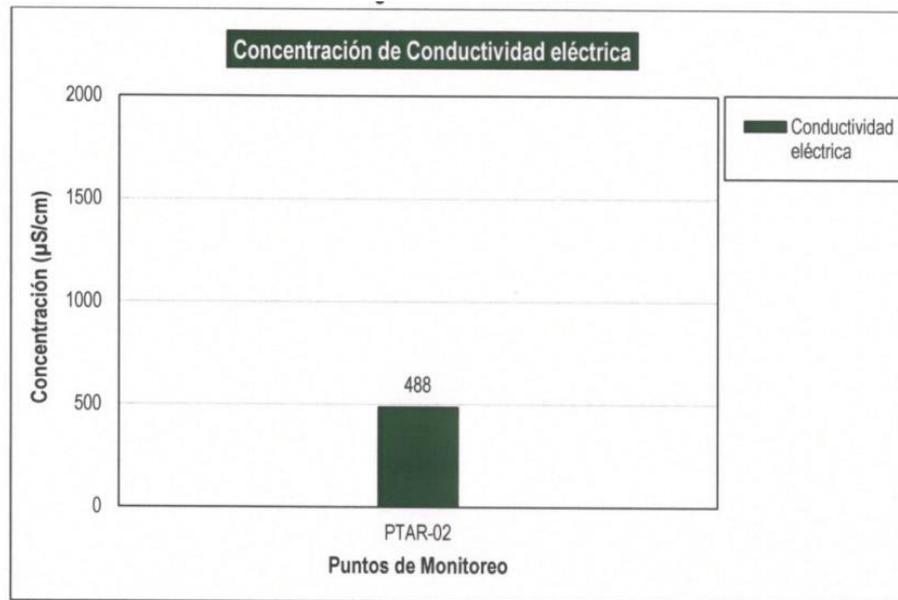


Fuente: CENESAM SAC.

c. Conductividad Eléctrica

En la siguiente figura 13 se presenta el resultado de la Conductividad eléctrica en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 488 μ S/cm.

Figura 13. Conductividad Eléctrica - PTAR - 02

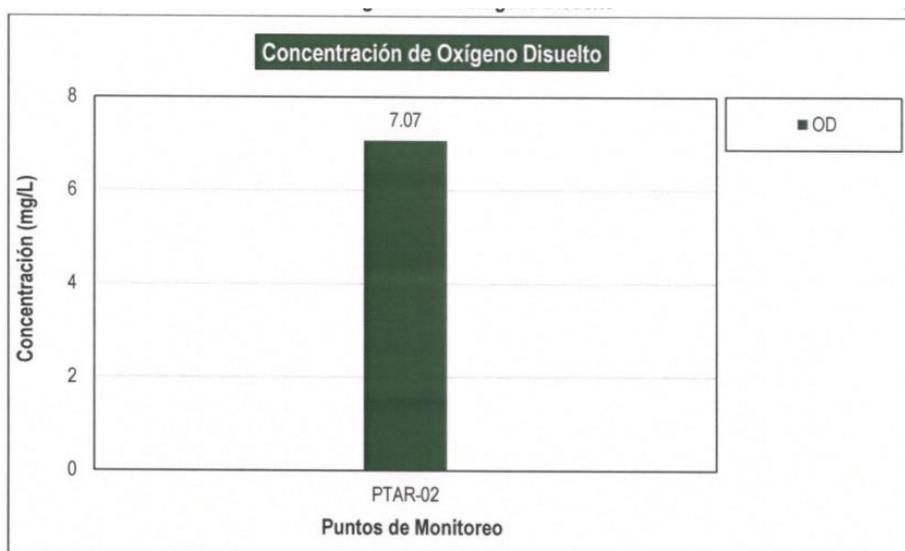


Fuente: CENESAM SAC.

d. Oxígeno Disuelto (OD)

En la siguiente figura 14 se presenta el resultado de la concentración de Oxígeno Disuelto en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 7,07 mg/L.

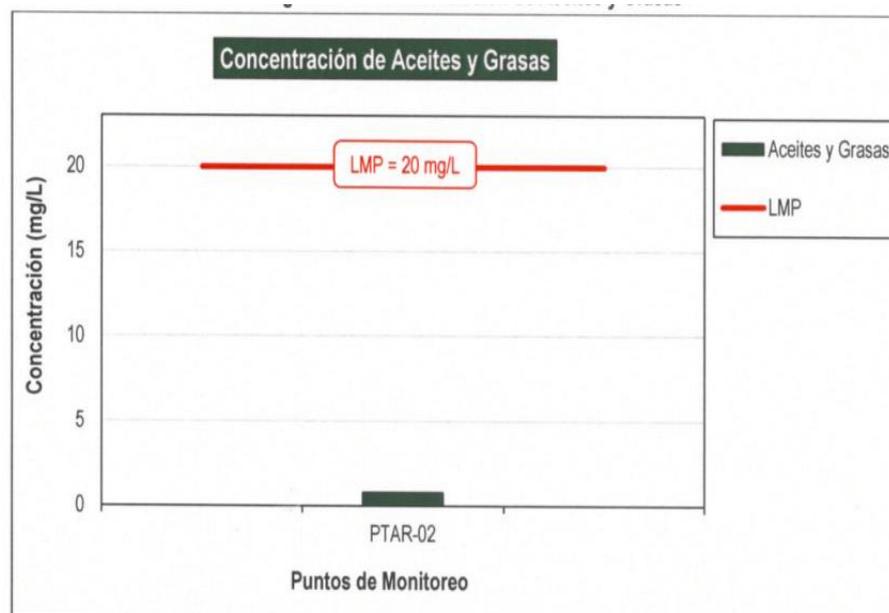
Figura 14. Conductividad Eléctrica - PTAR - 02



Fuente: CENESAM SAC.

e. Concentración de Aceites y Grasas

Figura 15. Concentración de Aceites y Grasas - PTAR - 02



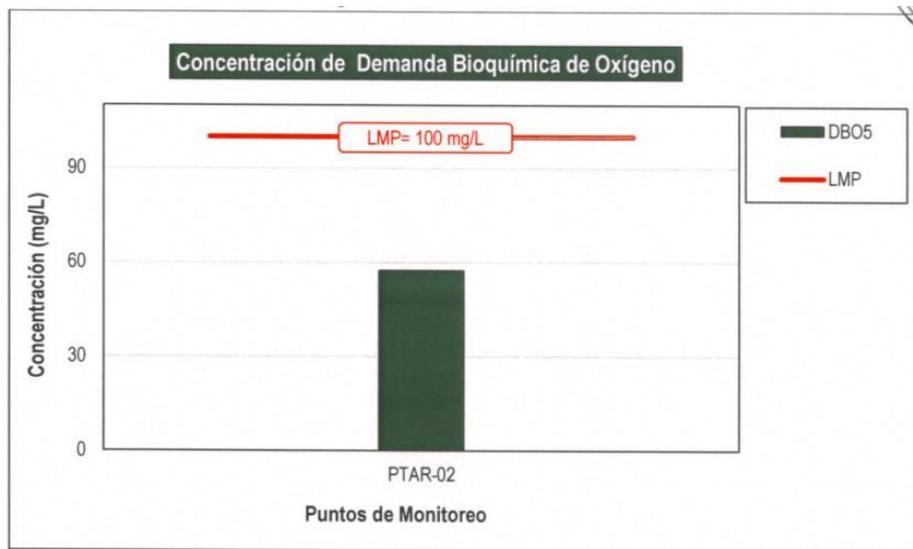
Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 15 se presenta el resultado de la concentración de Oxígeno Disuelto en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 0,8 mg/L, el cual no supera el valor establecido en los LMP para los Efluentes de PTAR domésticas o municipales según el DS N° 003-2010- MINAM.

f. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

En la figura 16 se presenta el resultado de la concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 57,4 mg/L, el cual también no supera el valor establecido en los LMP para los Efluentes de PTAR domésticas o municipales según el DS N° 003-2010- MINAM.

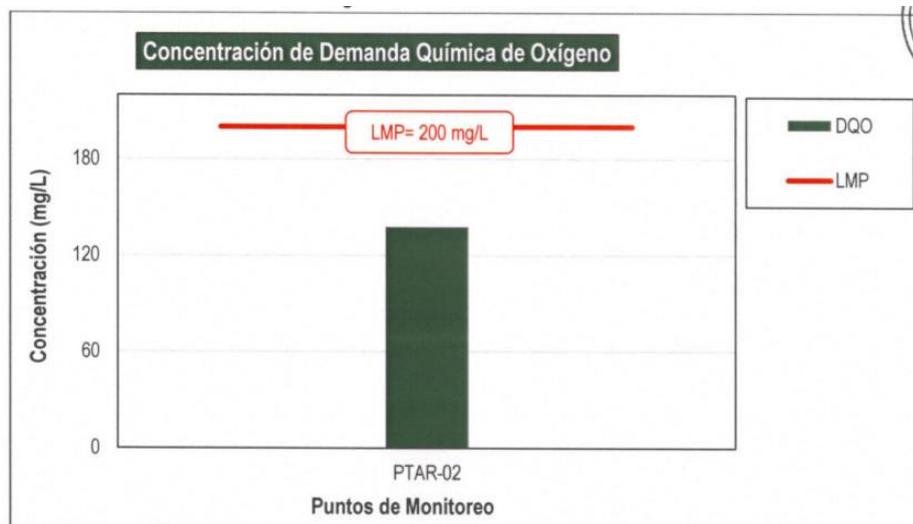
Figura 16. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) - PTAR - 02



Fuente: CENESAM SAC.

g. Concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Figura 17. Demanda Química de Oxígeno (DQO) - PTAR - 02

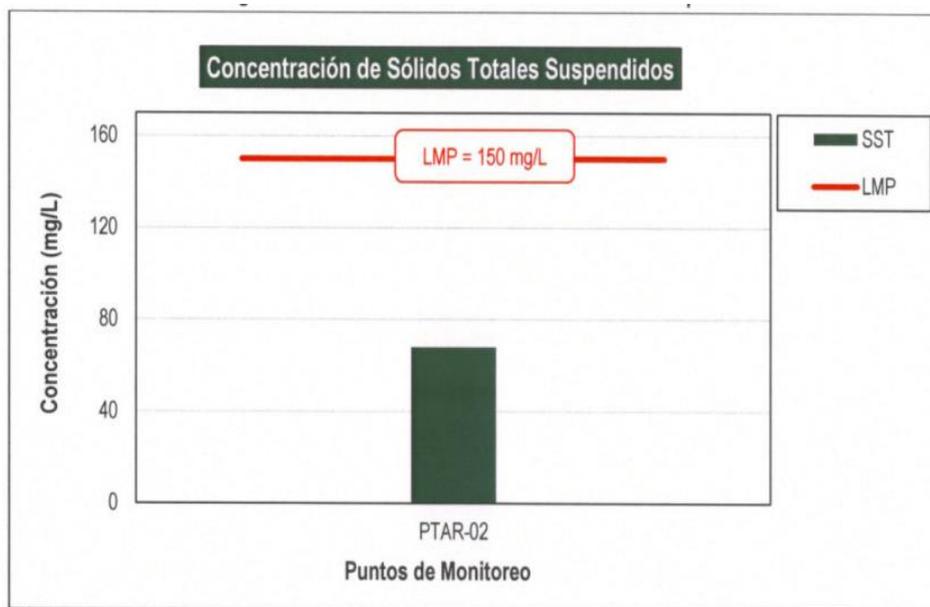


Fuente: CENESAM SAC.

En la siguiente figura 17 se presenta el resultado de la concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 137,7 mg/L, el cual también no supera el valor establecido en los LMP para los Efluentes de PTAR domésticas o municipales según el DS N° 003-2010- MINAM.

h. Concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS)

Figura 18. Concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS) - PTAR - 02



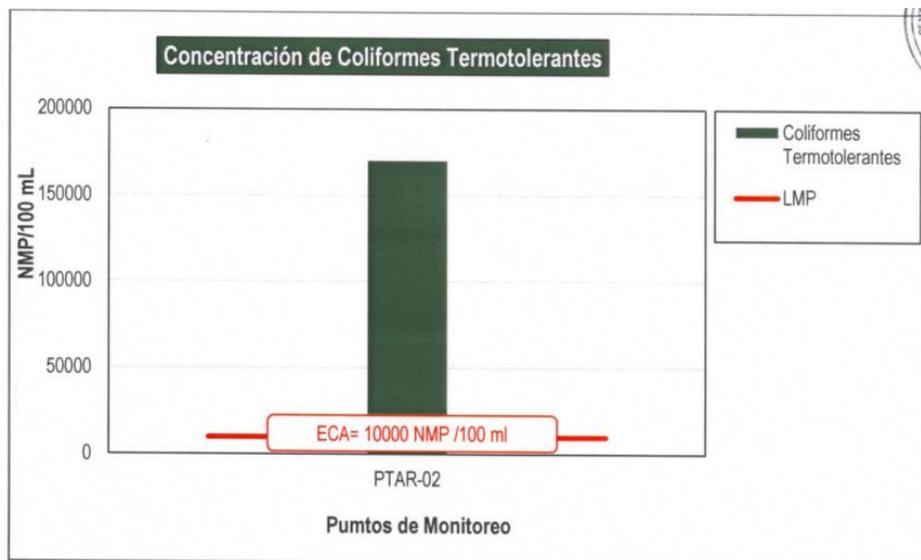
Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 18 se presenta el resultado de la Concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS) en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 68,7 mg/L, el cual también se encuentra dentro de los valores establecidos en los LMP para los Efluentes de PTAR domésticas o municipales según el DS N° 003-2010- MINAM.

i. Concentración de Coliformes Termotolerantes o fecales

En la figura 19 se presenta el resultado de la Concentración de Coliformes Termotolerantes o fecales en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 170,000NMP/100mL, el cual se encuentra superando los valores establecidos en los LMP para los Efluentes de PTAR domésticas o municipales según el DS N° 003-2010- MINAM.

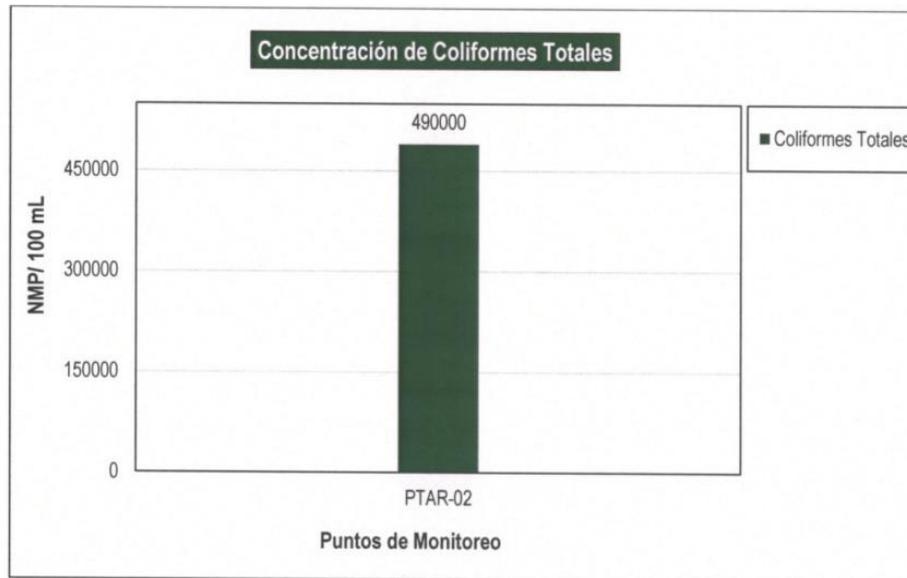
Figura 19. Concentración de Coliformes Termotolerantes o fecales - PTAR - 02



Fuente: CENESAM SAC.

j. Concentración de Coliformes Totales

Figura 20. Concentración de Coliformes Totales - PTAR - 02



Fuente: CENESAM SAC.

En la figura 20 se presenta el resultado de la Concentración de Coliformes Totales en el punto de monitoreo PTAR – 02, y se registró el valor de 490,000 NMP/100mL, el cual se encuentra también superando los valores establecidos en los LMP para los Efluentes de PTAR domésticas o municipales según el DS N° 003-2010- MINAM.

4.1.2. Identificación y definición de las fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Santa Ana de Tusi.

Las fuentes de descarga a las aguas residuales de la PTAR de Santa Ana de Tusi son provenientes de 7 barrios que conforman dicho distrito y son:

- Chora
- Gulana
- Buenos Aires
- Shishe

- Santa Rosa
- Chaupis y
- Tusicancha

El tipo de aguas que descargan estos barrios son del tipo domésticas, y estas son tratadas en la PTAR, donde se busca a través de un control o monitoreo de los parámetros determinar su grado de concentración y si estas están aptas para el riego de la zona de estudio.

4.1.3. Analizar la calidad del agua para riego, para establecer el destino final del agua tratada del distrito de Santa Ana de Tusi.

En esta parte del estudio se toman los resultados obtenidos del monitoreo de los efluentes de la PTAR de Santa Ana de Tusi, los cuales fueron confrontados y analizados con las normativas vigentes para agua como los LMP de Efluentes (DS N° 003-2010- MINAM), y para poder establecer el destino final del agua tratada del distrito en mención es necesario confrontarlo con la otra normativa que caracteriza a las aguas según el uso que se les debería de dar, y en ese caso el agua tratada está caracterizada en la categoría 3: D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo (DS N° 015-2015-MINAM), a continuación se presenta dicha comparación en la siguiente tabla:

Tabla 6: Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos (PTAR Santa Ana de Tusi)

- DS N° 003-2010- MINAM – DS N° 015-2015-MINAM

| PARÁMETRO | UNIDADES | PUNTO DE MONITOREO | LMP de Efluentes (DS N° 003-2010-MINAM) | Categoría 3: D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo (DS N° 015-2015-MINAM) |
|-------------------------------------|----------------|------------------------|---|--|
| | | PTAR Santa Ana de Tusi | | |
| Ph | Unidades de pH | 6,91 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 |
| Temperatura | °C | 12,8 | <35 | Δ 3 |
| Conductividad | μS/cm | 488 | -- | 2500 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 7,07 | -- | 4 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0,8 | 20 | 5 |
| DBO5 | mg/L | 57,4 | 100 | 15 |
| DQO | mg/L | 137,7 | 200 | 40 |
| STS | mg/L | 68 | 150 | “ |
| Coliformes Termotolerantes (44.5°C) | NMP/100mL | 170 000 | 10 000 | *1000 |
| Coliformes Totales (35 - 37°C) | NMP/100mL | 490 000 | -- | **1000 |

Fuente: ENVIROTEST SAC – Informe Ensayo N° 195638

Dato (*) Coliformes termotolerantes (44.5°C)

(**) Coliformes Totales (35-37°C)

Δ 3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Los resultados de pH registran un valor de 6,91 unidades de pH y realizando las comparaciones se puede demostrar que este parámetro se encuentra dentro de los valores normales según el DS N° 003-2010- MINAM y el DS N° 015-2015-MINAM por tanto esta agua tratada es apta para riego de cultivos de la zona en estudio.

En cuanto a los parámetros de Temperatura se registraron un valor de 12.8°C, y Conductividad Eléctrica se registraron un valor de 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por tanto, comparando con los DS N° 003-2010- MINAM y el DS N° 015-2015- MINAM se puede demostrar que se encuentra dentro los parámetros establecidos, por tanto, es apta para riego de cultivos de la zona de estudio.

El Oxígeno disuelto presente en el agua del efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi es de 7,07 mg/L, por tanto, según las normativas utilizadas para verificar su grado de contaminación y cumplimiento con los LMP es aceptable porque están dentro de los parámetros establecidos y apto para riego de cultivos.

Concerniente al parámetro de Aceites y grasas presente en el agua monitoreado del efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi es de 0,8 mg/L, por tanto, según las normativas utilizadas para verificar su grado de contaminación y cumplimiento con los LMP es aceptable porque están dentro de los parámetros establecidos y es apto para riego de cultivos.

Los parámetros de DBO₅ y DQO presente en el agua monitoreado del efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi fueron de 57,4 mg/L y 137,7 mg/L respectivamente, por tanto, según las normativas utilizadas DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015-MINAM para verificar su grado de contaminación, cumplimiento con los LMP y reúso como riego de la zona de estudio no es aceptable ya que están fuera o se encuentran sobrepasando los parámetros establecidos y no es apto para riego de cultivos de tallos altos y bajos.

La concentración de Sólidos Totales Suspendedos (STS) presentes en el monitoreo de la PTAR Santa Ana de Tusi presentaron valores de 68 mg/L y según la normativa del DS N° 003-2010- MINAM esta se encuentra dentro de los parámetros establecidos y según la norma DS N° 015-2015-MINAM esta no

estipula nada para este parámetro, por tanto, es posible que esta agua pueda servir para riego de cultivos según la categoría 3.

Para los parámetros de Coliformes Termotolerantes o fecales (44.5°C) y Coliformes Totales (35 - 37°C) los resultados del monitoreo de agua de la PTAR de Santa Ana de Tusi nos presentan valores de 170 000 NMP/ 100 mL y 490 000 NMP/100mL respectivamente y tales valores se encuentran muy por encima de los LMP según las normas del DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015- MINAM, entonces no se considera según lo presentado una agua con características óptimas para riego según las normativas ya mencionadas y por ser parámetros muy específicos e importantes para tal caso.

4.2. Discusión de resultados

a.- Sobre la comparación y análisis de los resultados del monitoreo

A cerca de los resultados de pH se registran un valor de 6,91 unidades de pH en el monitoreo efectuado y de acuerdo con las comparaciones se puede demostrar que este parámetro se encuentra dentro de los valores normales según el DS N° 003-2010- MINAM y el DS N° 015-2015-MINAM por tanto esta agua tratada podría ser apta para el riego de cultivos de la zona en estudio.

Maher Smart Agrocontroller (2021) en un artículo presentado nos refiere lo siguiente a cerca de este parámetro diciendo: “La acidez del agua influye directamente en la capacidad de las plantas para asimilar los nutrientes. Asimismo, repercute en la disolución y descomposición de determinadas sustancias orgánicas y en la eliminación de sustancias como pesticidas o metales pesados”. Así mismo nos refiere algo muy importante:

“Si empleamos para el riego un agua con pH demasiado alto (por encima de los 6,5) provoca que la planta no pueda absorber los nutrientes de manera

correcta ya que se insolubilizan y quedan retenidos en el suelo. Por tanto, los cultivos pueden experimentar una deficiencia de nutrientes como el manganeso, fosfato o hierro. Asimismo, un pH alto provoca con frecuencia obstrucciones en el terreno que imposibilitan que las plantas puedan realizar su correcta absorción de nutrientes”, entonces si tomamos en cuenta lo mencionado podríamos decir que según nuestros resultados esta agua se encuentra fuera de ser usado para fines de riego porque el parámetro estaría por encima de los 6,5 de pH.

Así mismo, “en el caso contrario, un pH demasiado bajo (agua considerada muy ácida) puede generar problemas para las plantas como dañar las propias raíces por la acidez, toxicidad en el suelo y evitar que la planta absorba los nutrientes de manera eficiente al disolverse y filtrarse de una manera mucho rápida”. (Maher, 2021)

En cuanto al parámetro de Temperatura se registraron un valor de 12.8°C, y según la comparación con los DS N° 003-2010- MINAM y el DS N° 015-2015-MINAM se puede demostrar que se encuentra dentro los parámetros establecidos, entonces podría estar apta para el riego.

Entonces es importante fundamentar científicamente este parámetro de esta manera:

“La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua. El agua a menor temperatura transporta más oxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir. También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos”. Así mismo “Es importante conocer que la temperatura del agua porque puede ayudar a predecir y confirmar otras condiciones del agua.

La temperatura tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de algunas especies biológicas”. Por tanto, “cuando la temperatura del agua es fría soporta mejor la vida acuática que la caliente”. (UCM, 2015)

Así mismo podemos agregar que: “Si se riega con agua fría o muy fría, los nutrientes se disuelven con más lentitud, de modo que las raíces tendrán más dificultades para conseguirlos. Además, si la temperatura es extrema, podría producirse un shock radicular y transpiración intensa en partes aéreas (hojas y tallos). Si está demasiado caliente (más de 30 grados centígrados), hasta un cactus se echaría a perder. El incremento de la energía cinética de las moléculas provocaría un aumento de la velocidad de las reacciones químicas que se producen en la planta, lo que podría llevar al colapso.

Esto significa que, si bien al principio podríamos ver que crecen más rápido, al final llegaría un momento en el que se quedarían sin energía, su salud empeoraría y las plagas las atacarían. Además, cuanto más alta sea la temperatura, menor será la concentración de oxígeno y, por lo tanto, la capacidad de alimentación de las plantas se vería reducida. (Sánchez, 2020)

Referente al parámetro evaluado de Conductividad Eléctrica los resultados presentan un valor de 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y comparando con los DS N° 003-2010- MINAM y el DS N° 015-2015-MINAM se demuestra que se encuentra dentro los parámetros establecidos, y que esta agua puede ser usada para fines de riego de cultivos de la zona de estudio.

Para tener más claro a cerca de este parámetro es importante recordar lo siguiente:

“Cuanto más elevada sea la conductividad mayor será el contenido en sales. Las unidades de medida más frecuentes son milisiemens por centímetro (mS/cm) y microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$). (Canovas, 1986)

$$1 \text{ mS/cm} = 1000 \mu\text{S/cm}$$

$$1 \text{ dS / m} = 1 \text{ mS/cm}$$

$$1 \text{ mho/cm} = 1000 \text{ milimhos/cm} = 1.000.000 \text{ micromhos/cm}$$

$$1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ milimho/cm}$$

$$1 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ micromhos/cm}$$

Aguas de menos de 1,2 mS/cm o 1200 $\mu\text{S/cm}$ no suelen plantear ningún problema, por el contrario, aguas con una conductividad por encima de 2,5 mS/cm o 2500 $\mu\text{S/cm}$ no son aconsejables para el riego. (Canovas, 1986)

Tabla 7: Contenido total en sales o Conductividad eléctrica

| Conductividad eléctrica | | Contenido en sales disueltas |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| CE $\mu\text{S/cm}$ | Riesgo | mg/l ó ppm |
| 0-250 | Bajo | 160 |
| 250-750 | Medio | 160 - 480 |
| 750-2250 | Alto | 480 - 1440 |
| más de 2250 | Muy alto | mayor de 1440 |

Fuente: (Canovas, 1986)

Por tanto, en este caso los resultados de la presente están muy por debajo de 2500 $\mu\text{S/cm}$, ya que presentó un valor de 488 $\mu\text{S/cm}$, considerándose según la tabla 7 de bajo riesgo, entonces estaría cerca de ser utilizada para fines de riego.

El Oxígeno disuelto presente en el agua del efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi es de 7,07 mg/L, por tanto, según las normativas utilizadas para verificar su grado de contaminación y cumplimiento con los LMP es aceptable porque están dentro de los parámetros establecidos.

Es así que **Hanna Instruments**, (2022) en su blog publicado a cerca de la importancia del oxígeno disuelto en la agricultura, refiriere así de este parámetro: “El oxígeno es fundamental para evitar la asfixia radicular. Para los cultivos, el agua es el vehículo de aporte de oxígeno a las raíces y en general como valor de referencia 3-4 mg/L de oxígeno disuelto en la solución nutritiva es el límite inferior recomendado para un cultivo hortícola y ornamental”. Entonces podríamos mencionar que este parámetro cumple con lo mencionado anteriormente porque esa sobre el límite inferior porque presento 7,07mg/L, considerándose agua de buena calidad para fines de riego referente a este parámetro.

En cuanto al parámetro de Aceites y grasas presente en el agua monitoreado del efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi es de 0,8 mg/L, por tanto, según las normativas utilizadas para verificar su grado de contaminación y cumplimiento con los LMP es aceptable porque están dentro de los parámetros establecidos.

Las repercusiones que tienen la presencia de los aceites y grasas en el agua para riego es que “Interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar”. (Gonzales, 2013)

Por tanto, las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices entre otros, como es en este caso los efluentes domésticos de la zona de estudio.

Hablando de dos parámetros muy importantes a tomarse en cuenta para poder determinar el reúso que se le podría dar a estas aguas tratadas de la PTAR de Santa Ana de Tusi es el DBO5 y DQO presentes en el agua monitoreado mostraron valores de 57,4 mg/L y 137,7 mg/L respectivamente, por tanto, según las normativas utilizadas DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015-MINAM para verificar su grado de contaminación, cumplimiento con los LMP y reúso para fines de riego de la zona de estudio no es aceptable ya que están fuera o se encuentran sobrepasando los parámetros establecidos.

La determinación de la DBO, es una de las pruebas más importantes para conocer la capacidad de contaminación de los cuerpos receptores, y la fuerza contaminante de las aguas negras y los desechos industriales. La DQO es un parámetro esencial en el tratamiento de aguas y saneamiento. Representa la cantidad de oxígeno necesario para descontaminar el agua procedente de grandes ciudades, de viviendas individuales, de aguas pluviales, del alcantarillado o de fosas sépticas).

En el agua un alto contenido de DBO, TOC o DQO, demanda un alto consumo de oxígeno impidiendo su generación normal, matando así la vida acuática por asfixia. Habitualmente estos valores son utilizados como índices de contaminación: cuanto mayor sea su concentración más contaminada estará el agua. (Baires Analítica, 2020)

Entonces como los valores presentados reportaron altos valores en estos parámetros se puede deducir que no es apto para fines de riego porque sigue contaminada a pesar del proceso de tratamiento que se está efectuando en la PTAR de Santa Ana de Tusi.

Referente a la concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS) presentes en el monitoreo de la PTAR Santa Ana de Tusi se reportaron valores de 68 mg/L y según la normativa del DS N° 003-2010- MINAM esta se encuentra dentro de los parámetros establecidos y según la norma DS N° 015-2015-MINAM esta no estipula nada para este parámetro. Por ello es importante conocer y recordar datos importantes de este parámetro.

Hach (2022) en su página de internet sobre los Sólidos (totales y disueltos), menciona que “Los sólidos totales en suspensión (TSS), nocivos en exceso y recogidos como un contaminante convencional en la Ley sobre agua limpia de Estados Unidos, pueden ser un indicador de la calidad de cualquier muestra de agua, ya sea del océano o de aguas residuales”, como es en este caso aguas residuales domesticas de la PTAR de Santa Ana de Tusi.

Refiere además que “Los altos niveles de sólidos totales en suspensión pueden afectar a la turbidez, aumentar la temperatura del agua y disminuir los niveles de oxígeno disuelto (OD). Esto puede hacer que el agua se caliente más rápidamente porque las partículas en suspensión absorben más calor y agotan el oxígeno, lo que puede afectar negativamente a los organismos acuáticos. Un mayor nivel de sólidos también ralentiza la fotosíntesis de las plantas acuáticas al reducir la transferencia de luz. Las concentraciones de TDS demasiado altas o demasiado bajas pueden limitar el crecimiento de las plantas acuáticas y provocar la muerte de muchos organismos marinos”. (Hach, 2022)

Así mismo podemos mencionar que: “Los sólidos totales en las aguas residuales se deben medir para controlar de manera óptima la eficiencia operativa de las instalaciones que se encargan de depurar este tipo de aguas. La cantidad de estos sólidos refleja las condiciones de los depósitos, define la

dosificación óptima de polímeros para el secado y es importante para realizar el transporte y la facturación de biosólidos”. (Mettler Toledo, 2022)

Por último a cerca de los parámetros de Coliformes Termotolerantes o fecales (44.5°C) y Coliformes Totales (35 - 37°C) los resultados del monitoreo de agua de la PTAR de Santa Ana de Tusi nos presentan valores de 170 000 NMP/ 100 mL y 490 000 NMP/100mL respectivamente y tales valores se encuentran muy por encima de los LMP según las normas del DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015-MINAM, entonces no se considera según lo presentado una agua con características óptimas para riego según las normativas ya mencionadas y por ser parámetros muy específicos e importantes para tal caso, así también lo demuestran otros estudios que a continuación se presenta.

Cabe señalar que “pocos estudios reportan la presencia de CF en suelos regados con aguas residuales. Respecto a la sobrevivencia de CF en los suelos, Fasciolo, Meca, Calderón, y Rebollo (2005) investigaron la contaminación microbiológica residual en suelos regados con efluentes domésticos tratados y obtuvieron 33 NMP·100 g-1 de suelo, correspondiente a E. coli, seis días después del último riego realizado. Estos autores observaron que la presencia de E. coli disminuía después de 26 días de haberse aplicado el último riego. Por otro lado, Paluszak, Ligocka, Breza-Boruta, y Olszewska (2003) indican que las bacterias fecales permanecen en el suelo de 21 a 27 semanas y, si las condiciones son favorables (después de lluvias abundantes, temperatura de 10 °C [Filip, Kaddu-Mu- Filip, Kaddu-Mu- Kaddu-Mu Kaddu-Mulindwa, & Milde 1988], pH de neutro a alcalino [Sjogren, 1994]) pueden filtrarse por el

perfil del suelo y contaminar aguas subterráneas que se utilizan como fuente de agua potable”. (Hernández, et al 2014)

Entonces según el presente estudio los resultados del monitoreo nos muestran que a pesar de recibir tratamiento las aguas residuales de la zona de estudio, los parámetros de Coliformes termotolerantes y coliformes totales se encuentran sobre los valores de los LMP según la normativa del DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015-MINAM, por tanto, es un indicador de riesgo para no ser apto estas aguas para fines de riego.

“El uso de aguas residuales en la agricultura puede aumentar el ingreso de materia orgánica y nutrientes a los suelos cultivados lo cual contribuye a mantener e incrementar la fertilidad del mismo, pero también puede traer efectos ambientales nocivos que deterioran la calidad del suelo y del agua. Es decir, la dinámica de la materia orgánica en el suelo es importante ya que su descomposición influye en la liberación de moléculas orgánicas e inorgánicas enlazadas a ella (Raber y Kogel-Knabner, 1995). Por tanto, la entrada del lodo de aguas residuales por varios años puede influenciar las características químicas y de fertilidad del suelo (Soler et al., 2002)” (Zamora, et al 2008)

Así mismo el autor menciona que: “Las aguas residuales pueden constituir una alternativa en las zonas semiáridas donde hay escasez de este recurso, no sólo por ser una fuente de agua para los cultivos, sino por el aporte de nutrientes que mejoran la fertilidad del suelo, dado los altos contenidos de materia orgánica usualmente presentes en la misma (Simonete et al., 2003). No obstante, su uso sin un tratamiento previo puede ocasionar problemas debido al alto contenido de sales, contaminación con metales pesados y la presencia de algunos microorganismos patógenos al hombre. Por ello es

necesario evaluar su uso cuantificando su efecto sobre las propiedades químicas del suelo, con el fin de garantizar que su utilización no sólo mejore la fertilidad y productividad del suelo, sino que conlleve a mantener la calidad de este recurso, garantizando que no ocasionen problemas ambientales, ni de salud pública. (Zamora, et al 2008)

CONCLUSIONES

El presente estudio llegó a las siguientes conclusiones:

- Según el monitoreo realizado a las aguas residuales de la PTAR de Santa Ana de Tusi, se presentan los resultados de los siguientes parámetros: pH registrándose un valor de 6,91 unidades de pH , Temperatura se registró un valor de 12.8°C, Conductividad Eléctrica un valor de 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Oxígeno disuelto fue de 7,07 mg/L, los Aceites y grasas presentes en el agua monitoreado es de 0,8 mg/L, es así que según las normativas utilizadas para verificar su grado de contaminación y cumplimiento con los LMP según los DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015-MINAM estos parámetros se caracterizan por aceptables, porque se encuentran dentro de los parámetros establecidos y se podrían reusar estas aguas para fines de riego de cultivos, pero no son los que determinar su finalidad.
- Por ello los parámetros de DBO5 y DQO presente en el agua monitoreado del efluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi fueron de 57,4 mg/L y 137,7 mg/L respectivamente, por tanto, según las normativas del DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015-MINAM utilizadas para verificar su grado de contaminación, cumplimiento con los LMP y reúso como riego de la zona de estudio no es aceptable u optimo, ya que se encuentran sobrepasando los parámetros establecidos y por ende no es apto para fines de riego de cultivos.
- Así mismo se encuentra el parámetro de la concentración de Sólidos Totales Suspendidos (STS) donde presentaron valores de 68 mg/L y según la normativa del DS N° 003-2010- MINAM esta se encuentra dentro de los parámetros establecidos y según la norma DS N° 015-2015-MINAM esta no estipula nada para este parámetro, por tanto, es posible que esta agua pueda servir para riego de cultivos según la categoría 3.

- Para los parámetros de Coliformes Termotolerantes o fecales (44.5°C) y Coliformes Totales (35 - 37°C) los resultados del monitoreo de agua de la PTAR de Santa Ana de Tusi nos presentan valores de 170 000 NMP/ 100 mL y 490 000 NMP/100mL respectivamente y tales valores se encuentran muy por encima de los LMP según las normas del DS N° 003-2010- MINAM y DS N° 015-2015-MINAM, entonces no se considera según lo presentado un agua con características óptimas para fines de riego según las normativas ya mencionadas y por ser parámetros determinantes e importantes para tal caso.
- Según la hipótesis planteada para el presente estudio se concluye que el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, es mala e inadecuada, por lo que no favorece para la reutilización con fines de riego en la zona de estudio, de acuerdo a los parámetros para reúso del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales con el que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueven a la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.
- La calidad del agua del efluente y afluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi no está sujeto a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales, lo que nos demuestra su bajo indicador de reúso o reutilización para el riego.
- Para evaluar la calidad de agua residual del distrito de Santa Ana de Tusi se tomó a los parámetros: Conductividad, pH y Temperatura, Aceites y grasas, Demanda química de oxígeno (DQO), DBO5, %OD, STS, Coliformes termotolerantes o fecales, Coliformes fecales, los cuales no se encuentran dentro de los LMP según su normativa.
- El sistema de tratamiento elegido y aplicado para las aguas residuales del Distrito de Santa Ana de Tusi no es el adecuado, porque presenta ciertas inconsistencias o

deficiencias técnicas u operativas; ya que no se logró reducir algunos parámetros como DBO5, DQO, Coliformes Fecales y Totales que son parámetros muy determinantes para decidir la finalidad de reúso de estas aguas.

- Finalmente se logró identificar y determinar cuál es el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego.
- Se estableció el destino final del agua tratada del distrito de Santa Ana de Tusi, que por el momento no puede ser reutilizada con fines de riego por encontrarse sus parámetros fuera de los LMP según la normativa utilizada.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la municipalidad distrital de Santa Ana de Tusi mejorar y perfeccionar su sistema de tratamiento de estas aguas, para que puedan tener un valor agregado es decir poder estar en la capacidad de ser reutilizadas o reusadas para fines de riego.
2. Se recomienda a la municipalidad a poder utilizar las técnicas de inactivación de coliformes y E. coli en agua residual doméstica, como la Fotocatálisis Heterogénea TiO₂ que fue un método eficaz para la reducción de coliformes y E. coli en aguas residuales domésticas, en un estudio de investigación realizado por Rojas, N. et al, 2010, que trajo muy buenos resultados y que podrían repotenciar el actual sistema de tratamiento de la PTAR Santa Ana de Tusi.
3. En consecuencia, se sugiere implementar sistemas de tratamiento a las aguas residuales, antes de utilizarlas para el riego de cultivos.
4. Se recomienda en investigaciones posteriores, identificar las fuentes puntuales de contaminación de coliformes fecales, totales y de otros parámetros determinantes en la zona de estudio. Así mismo identificar el tipo de riego a utilizar, zonas y tipo de cultivos.
5. Continuar con el sistema de tratamiento actual del distrito, pero repotenciando su acción reductora en los parámetros donde aún sigue existiendo alto porcentaje de contaminación, con miras a la reutilización con fines de riego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2016) Estándares de Calidad Ambiental. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>
- Ancalle, C.& Ledesma, W. (2020) Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli - Huancavelica. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3317>
- Andaluz, M. y Puente, M. (2008). Parámetros Físico Químicos para la Calidad de Agua y uso. España: Editorial Rey Juan Carlos.
- Asano, T., & Levine, D. (1998). Wasterwater reclamation, recycling and reuse: an introduction In wast. Technomic Publishing. Lancaster.
- Barrantes E. & Cartín M. (2017) Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica. Artículo de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5156/515653587026/html/>
- Baires Analitica (2020) Los parámetros más importantes en la caracterización del agua. Disponible en: <https://www.bairesanalitica.com/los-parametros-mas-importantes-en-la-caracterizacion-del-agua--news--5-11>
- Cabrera, A. (2011) Propuesta de reutilización del efluente de la planta de tratamiento Tryp Península en fuentes ornamentales y espejos de agua de los hoteles ubicados en el sector Punta Hicacos. Revista de arquitectura e ingeniería – Vol. 5 N° 1.

Calderón, J. (2018) “Mejora del sistema de reúso de agua en una planta de licuefacción de gas, en el desierto costero peruano” UNFV.

Canovas, J. (1986) Criterios de interpretación de la calidad agronómica de las Aguas de riego (junio 2002) Madrid. Experiencias del Laboratorio Agrario de Diputación Foral de Gipuzkoa. Disponible en: <https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2228975/recomencriteriosdeinterpretacionaguas.pdf/c52b6626-2092-ca14-e596-f189dd8eef9b#:~:text=Los%20valores%20%20C3%B3ptimos%20en%20aguas%20de%20riego%20oscilan%20entre%207%20y%208.&text=La%20conductividad%20se%20define%20como,ser%20el%20contenido%20en%20sales.>

Díaz, J. (2018) Control de los parámetros de funcionamiento de la planta de tratamiento San José de los efluentes domésticos con la finalidad de optimizar su funcionamiento, en la empresa minera Pan American Silver S.A.C.- Unidad Operativa Huarón. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:alhxn7RM67MJ:repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/791/1/TESIS%2520DIAZ%2520MEZA.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

Espinares, M., & Pérez, J. (2005). Aguas residuales. Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Fasciolo, G., Meca, M., Calderón, E., & Rebollo, M. (2005). Contaminación microbiológica en ajos y suelos regados con efluentes domésticos tratados. Mendoza, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNcuyo,

37(1), 31–40. Disponible en:

http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1265/fascioloagrarias1-05..pdf

Filip, Z., Kaddu-Mulindwa, D., & Milde, G. (1988). Survival of some pathogenic and facultative pathogenic bacteria in groundwater. *Water Science and Technology*, 20, 227–231. doi: 10.1007/978-90-481-2344-5_13

Fraume, N. (2007) *Diccionario Ambiental - Bogotá Colombia 1ra Edición - Editorial Kimpres Ltda.*

García, M., Sánchez, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., Cortes, G. (2001). El agua. *El Medio Ambiente En Colombia*, 35–189. Greenpeace. (2005). *La calidad de las aguas en España.*

Gonzales, G. (2013) Evaluación del contenido de grasas y aceites en descargas de agua residual porcícola con diferentes fuentes energéticas en la dieta alimenticia. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/Evaluaci%C3%B3n-del-contenido-de-grasas-y-aceites-en-descargas-de-agua-residual-porc%C3%ADcola-con-diferentes-fuentes-energ%C3%A9ticas-en-la-dieta-alimenticia>

Hach (2022) Sólidos (totales y disueltos). Disponible en: <https://es.hach.com/parameters/solids>

Hanna Instruments (2022) La importancia del oxígeno disuelto en la agricultura. Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/1568/La-importancia-del-ox%C3%ADgeno-disuelto-en-la-agr>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.*

Hernández, R.; Fernández, C.& Baptista, P. (2008). *Metodología de la investigación científica.*

- Hernández, E.; Quiñones, E.; Cristóbal, D. & Rubiños, J. (2014) Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v20n1/v20n1a9.pdf>
- Journal of Chemical Información and Modeling (Vol. 53). Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ley General de Aguas, D.L N° 17752. Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/Documentosweb/8C45B66E6815D2DE05256F320055052B/\\$FILE/DL17752.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/Documentosweb/8C45B66E6815D2DE05256F320055052B/$FILE/DL17752.pdf)
- Maher Smart Afagrocontroller (2021) Qué es el pH del agua y cuál es su importancia en el rendimiento de los cultivos. Disponible en: <https://www.maherelectronica.com/que-es-el-ph-del-agua/#:~:text=Para%20conocer%20la%20calidad%20del,agua%20empleada%20durante%20el%20riego.>
- Martin, I., Betancort, J., Salas, J., Peñate, B., Pidre, J., & Sardón, N. (2006). Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población. Madrid- España. Disponible en: <https://www.cienciacanaria.es/files/Guia-sobre-tratamientosde-aguas-residuales-urbanas-para-pequenos-nucleos-de-poblacion.pdf>
- Matsumoto, T., & Sánchez, I. (2016). Desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Juan de Iracema (Brasil), 176–186.
- Mettler Toledo (2022) Sólidos totales en las aguas residuales: determinación del contenido de humedad. <https://www.mt.com/es/es/home/library/applications/laboratory-weighing/total-solids-in-wastewater-treatment-process.html>

- MINAM (2019) Estándar de Calidad Ambiental. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>
- MINAM (2017) Estándares de Calidad Ambiental de Agua: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM
- MINAM (2015) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua: D.S. N° 015 – 2015 – MINAM. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N%C2%B0-015-2015-MINAM.pdf>
- MINAM. (2010). Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales, 415675–415676.
- OEFA (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Disponible en https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Paluszak, Z., Ligocka, A., Breza-Boruta, B., & Olszewska, H. (2003). The survival of selected fecal bacteria in peat soil amended with slurry. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 6(2), 1–6. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl>
- Pérez, A. (2012) Utilización con fines de riego del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad universitaria, USAC. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pérez, J.; Ortega, H.; Ramírez, C.; Flores, H.; Sánchez, E.; Can, A. & Mancilla, O. (2019) Evaluación de la calidad del agua residual para el riego agrícola en Valle del Mezquital. Hidalgo. México. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100170

Quiroz, P. (2009) Planta de tratamiento de aguas residuales para riego en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tesis de grado Universidad Mayor e San Marcos.

QuestionPro (2022) Investigación mixta. Qué es y tipos que existen. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/>

Rojas, N.; Sánchez, A.; Matiz, A.; Salcedo, J.; Carrascal, A. & Pedroza, A. (2010) Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y Escherichia coli presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C. Colombia. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7N8rmznAuygJ:www.scielo.org.co/pdf/unsc/v15n2/v15n2a05.pdf&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

Sánchez, M. (2020) La importancia de conocer la temperatura del agua de riego. JardineríaOn. Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/la-importancia-de-conocer-la-temperatura-del-agua-de-riego.html>

Sánchez, F. (2019) Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. Departamento de Psicología de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco, Cusco – Perú. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008

SINIA – MINAM Tratamiento y Reúso de aguas residuales. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054>

Sunass (2015) Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de Operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento.

Tamayo, T. M. (1998). El Proceso de la Investigación Científica. México: Ediciones Limusa. S.A.

USMP (2013) Importancia del agua. Disponible en: <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>

UCM (2015) Descripción de Indicadores. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Temperatura%20f26.pdf>

Zamora, F.; Rodríguez, N.; Torres, D. & Yendis, H. (2008) Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, Estado Falcón. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000300006#:~:text=El%20uso%20de%20aguas%20residuales,del%20suelo%20y%20del%20agua

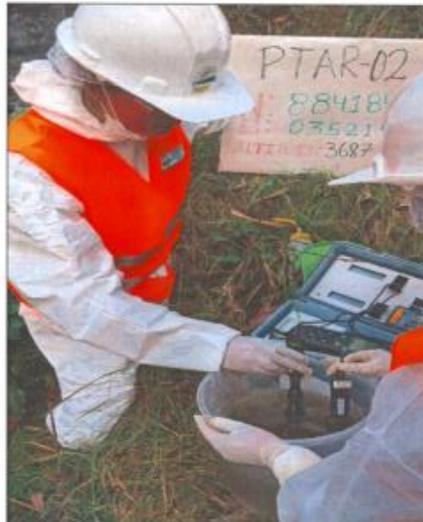
Zita, A. (2022) Toda materia Metodología de la investigación. Disponible en: <https://www.todamateria.com/investigacion/#:~:text=Caracter%20de%20la%20investigaci%20n,de%20una%20investigaci%20n%20est%20relacionada.>

ANEXOS

Anexo 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DATOS

Mediante la Recolección de los resultados del “Monitoreo del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi” (normativa vigente) entregado por el laboratorio Envirotest S.A.C. a CENESAM S.A.C

“MONITOREO DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SANTA ANA DE TUSI”



Nombre y Firma del Profesional

Nombre:

Firma:

| | |
|---|---|
| <p>Ing. Roldan Hevis Quispe Solano Ingeniero Ambiental y de RRNN CIP N°: 192055</p> |  <p>ROLDAN HEVIS QUISPE SOLANO INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES Reg. CIP N° 192055</p> |
|---|---|

Elaborado por:

Centro de Especialización Ambiental S.A.C.



2.8.1. AFLUENTE (PTAR-01)

En la Tabla N° 6, se presentan los resultados del punto de monitoreo.



Tabla N° 6: Resultados de Laboratorio de los Parámetros – LMP

| PARÁMETRO | UNIDADES | PUNTOS DE MONITOREO |
|---|----------------|---------------------|
| | | PTAR-01 |
| pH | Unidades de pH | 6,6 |
| Temperatura | °C | 14,4 |
| Conductividad | μS/cm | 349 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 6,09 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 16,1 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 92,3 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 209,9 |
| Sólidos Totales Suspendidos | mg/L | 111 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 3 300 000 |
| Coliformes Totales | NMP/100 mL | 3 300 000 |

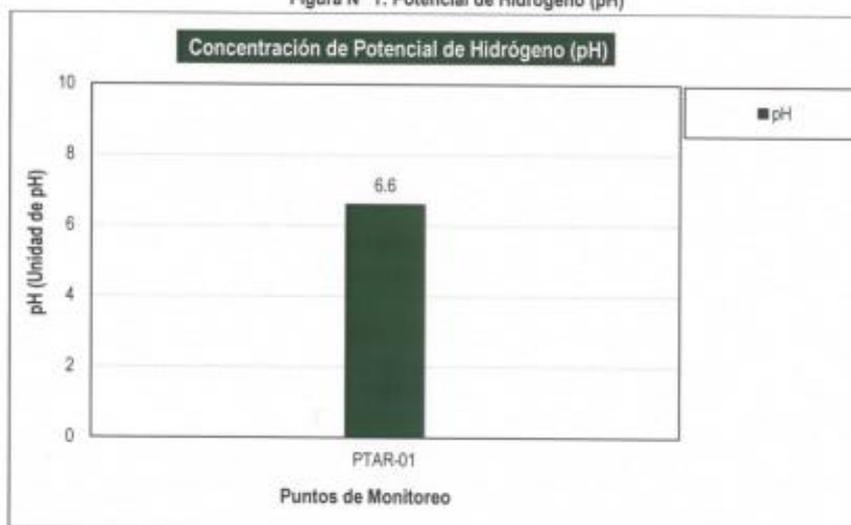
Fuente: ENVIROTEST S.A.C. - Informe de Ensayo N° 195638
Elaborado por: CENESAM S.A.C.

➤ PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

- pH

En la Figura N° 1, en el punto de monitoreo PTAR-01, se registró el valor de 6,6 unid. de pH.

Figura N° 1: Potencial de Hidrógeno (pH)



Elaborado por: CENESAM S.A.C.



Tabla N° 7: Resultados de Laboratorio de los Parámetros – LMP

| PARÁMETRO | UNIDADES | PUNTOS DE MONITOREO | LMP |
|---|----------------|---------------------|------------------------|
| | | PTAR-02 | (D.S. 003-2010-MINAM.) |
| pH | Unidades de pH | 6,91 | 6,5 – 8,5 |
| Temperatura | °C | 12,8 | <35 |
| Conductividad | µS/cm | 488 | ** |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 7,07 | ** |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0,8 | 20 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 57,4 | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 137,7 | 200 |
| Sólidos Totales Suspendedos | mg/L | 68 | 150 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 170 000 | 10 000 |
| Coliformes Totales | NMP/100 mL | 490 000 | ** |

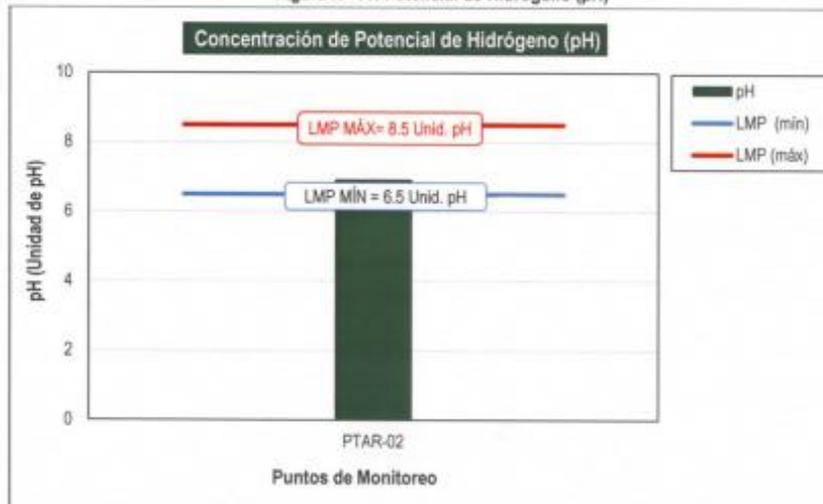
Fuente: ENVIROTEST S.A.C. - Informe de Ensayo N° 195638
Elaborado por: CENESAM S.A.C.

➤ PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

- pH

En la Figura N° 11, en el punto de monitoreo PTAR-02, se registró el valor de 6,91 unid. de pH. Encontrándose dentro del rango establecido en los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales según D.S. N° 003-2010-MINAM.

Figura N° 11: Potencial de Hidrógeno (pH)



Elaborado por: CENESAM S.A.C.

- Temperatura

Anexo 2: INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

a. Normativa: Límites máximos permisibles (D.S. N° 003-2010 - MINAM)

Parámetros de LMP para Efluentes de PTAR Domésticas o Municipales

| PARÁMETRO | UNIDAD | LMP PARA EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES |
|---|----------------|---|
| Parámetros de Campo | | |
| pH | Unidades de pH | 6,5 – 8,5 |
| Temperatura | °C | <35 |
| Conductividad | µS/cm | ** |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | ** |
| Parámetros Fisicoquímicos | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LMP PARA EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES |
| Aceites y Grasas | mg/L | 20 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 200 |
| Sólidos Totales Suspendidos | mg/L | 150 |
| Parásitos Microbiológicos | | |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 10 000 |
| Coliformes Totales | NMP/100 mL | ** |

** El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: D.S. N° 003-2010 – MINAM

b. Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales M.M. N° 273 – 2013-VIVIENDA.

Protocolo de Monitoreo de la Calidad de efluentes de las plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (R.M. N° 273-2013-VIVIENDA)

El protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales establece procedimientos, criterios técnicos para los parámetros de evaluación y lineamientos generales a aplicarse durante el monitoreo de la calidad del agua residual.

El presente protocolo es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional para realizar monitoreos de la calidad del agua residual tratada (efluente), asimismo, es de cumplimiento obligatorio para la evaluación de seguimiento de la eficiencia de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), con el objetivo de estandarizar la metodología de los procedimientos y criterios técnicos para evaluar la calidad de las aguas residuales tratadas, considerando los parámetros de medición, puntos de monitoreo, la frecuencia, toma de muestras, preservación, almacenamiento, transporte de muestras de agua y el aseguramiento de la calidad del desarrollo del monitoreo de la calidad de los efluentes de PTAR.

c. Normativa: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

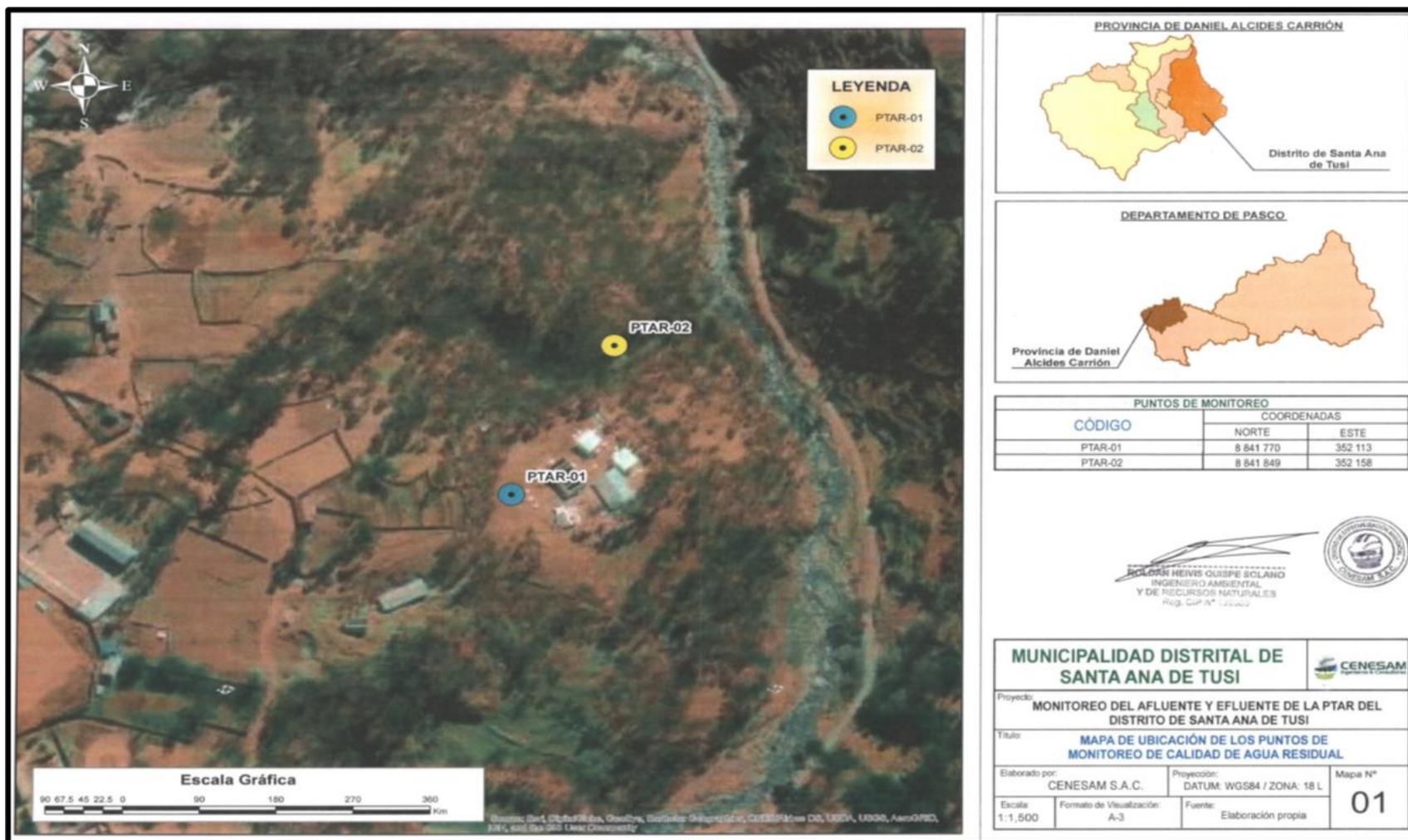
DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM

CATEGORÍA 3

| CATEGORIAS | | ECA AGUA: CATEGORIA 3 | |
|---|------------------------------|--|-------------------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES | PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES |
| | | D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO | D2: BEBIDA DE ANIMALES |
| FÍSICOS - QUÍMICOS | | | |
| Aceites y grasas | mg/L | 5 | 10 |
| Bicarbonatos | mg/L | 518 | ** |
| Cianuro Wad | mg/L | 0,1 | 0,1 |
| Cloruros | mg/L | 500 | ** |
| Color (b) | Color verdadero escala Pt/Co | 100 (a) | 100 (a) |
| Conductividad | (uS/cm) | 2 500 | 5 000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/l | 15 | 15 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/l | 40 | 40 |
| Detergentes (SAAM) | mg/l | 0,2 | 0,5 |
| Fenoles | mg/l | 0,002 | 0,01 |
| Fluoruros | mg/l | 1 | ** |
| Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N) | mg/l | 100 | 100 |
| Nitritos (NO ₂ -N) | mg/l | 10 | 10 |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | 4 | 5 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,4 |
| Sulfatos | mg/L | 1000 | 1000 |
| Temperatura | °C | Δ 3 | Δ 3 |
| INORGÁNICOS | | | |
| Aluminio | mg/L | 5 | 5 |
| Arsénico | mg/L | 0,1 | 0,2 |
| Bario | mg/L | 0,7 | ** |
| Berilio | mg/L | 0,1 | 0,1 |

| | | | |
|--|---------------|---|--|
| Boro | mg/L | 1 | 5 |
| Cadmio | mg/L | 0,01 | 0,05 |
| Cobre | mg/l | 0,2 | 0,5 |
| Cobalto | mg/l | 0,05 | 1 |
| Cromo Total | mg/l | 0,1 | 1 |
| Hierro | mg/l | 5 | ** |
| Litio | mg/l | 2,5 | 2,5 |
| Magnesio | mg/l | ** | 250 |
| Manganeso | mg/l | 0,2 | 0,2 |
| Mercurio | mg/l | 0,001 | 0,01 |
| Níquel | mg/l | 0,2 | 1 |
| Plomo | mg/l | 0,05 | 0,05 |
| Selenio | mg/l | 0,02 | 0,05 |
| CATEGORIAS | | ECA AGUA: CATEGORIA 3 | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES | PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES |
| | | D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO | D2: BEBIDA DE ANIMALES |
| Zinc | mg/l | 2 | 24 |
| PLAGUICIDAS | | | |
| Parathión | ug/l | 35 | 35 |
| Organoclorados | | | |
| Aldrin | ug/l | 0,004 | 0,7 |
| Clordano | ug/l | 0,006 | 7 |
| DDT | ug/l | 0,001 | 30 |
| Dieldrin | ug/l | 0,5 | 0,5 |
| Endosulfan | ug/l | 0,01 | 0,01 |
| Endrin | ug/l | 0,004 | 0,2 |
| Heptacloro y heptacloro epóxido | ug/l | 0,01 | 0,03 |
| Lindano | ug/l | 4 | 4 |
| CARBAMATO: | | | |
| Aldicarb | ug/l | 1 | 11 |
| POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES | | | |
| Policloruros Bifenilos Totales (PCB's) | ug/l | 0,04 | 0,045 |
| MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS | | | |
| Coliformes Totales (35-37°C) | NMP/100 ml | 1 000 | 5 000 |
| Coliformes Termotolerantes (44,5°C) | NMP/100 ml | 1 000 | 1 000 |
| <i>Enterococos intestinales</i> | NMP/100 ml | 20 | 20 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 100 | 100 |
| Huevos y larvas de helmintos | Huevos/L | <1 | <1 |

Anexo 3: PLANO DE UBICACIÓN DEL LA ZONA DE ESTUDIO



Fuente: Municipalidad Distrital de Santa Ana de Tusi

Anexo 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Metodología |
|--|---|---|--|---|
| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Variable | Nivel de investigación |
| <p>¿Cuál es el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿La calidad del agua del efluente y afluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi estará sujeto a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales? • ¿Cuáles son las fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento | <p>Identificar y determinar cuál es el comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, en la reutilización con fines de riego.</p> <p style="text-align: center;">Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la calidad del agua del efluente de la PTAR de acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales. | <p>El comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi, es buena y optima lo que favorece para su reutilización con fines de riego en la zona de estudio, de acuerdo a los parámetros para reúso del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales con el que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueven a la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.</p> <p style="text-align: center;">Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La calidad del agua del efluente y afluente de la PTAR de Santa Ana de Tusi está sujeto a los parámetros del Reglamento | <p style="text-align: center;">Variable Dependiente</p> <p>En la reutilización con fines de riego.</p> <p style="text-align: center;">Variable Independiente</p> <p>Comportamiento de la calidad de agua del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana de Tusi.</p> | <p>Tipo de investigación:</p> <p>El tipo de investigación es Básica: Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica, debido a generar conocimientos y teorías (Hernández et al., 2014).</p> <p>Así mismo es descriptivo, porque se describirán los hechos tal como ocurren interrelacionando ambas variables del estudio, es decir que los resultados del monitoreo que se recopilarán de la calidad de agua residual (Afluente y efluente), que luego serán comparadas con la normativa ambiental en busca de su comportamiento en la reutilización con fines de riego de la zona en estudio.</p> <p>Método de investigación</p> <p>Busca precisar las propiedades, las características y los perfiles de</p> |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>de Aguas Residuales del distrito de Santa Ana de Tusi?</p> <p>• ¿Cómo evaluar la calidad del agua residual del distrito de Santa Ana de Tusi – Daniel A. Carrión?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar y definir las fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Santa Ana de Tusi. • Analizar la calidad del agua para riego, para establecer el destino final del agua tratada del distrito de Santa Ana de Tusi. | <p>de Descargas y Reúso de Aguas Residuales, lo que nos demuestra su alto indicador de reúso o reutilización para el riego.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre las fuentes que se descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Santa Ana de Tusi, son los provenientes de 7 barrios que conforman dicho distrito y son del tipo doméstico. • Para evaluar la calidad de agua residual del distrito de Santa Ana de Tusi se tomó a los parámetros: Conductividad, pH y Temperatura, Aceites y grasas, Demanda química de oxígeno, DBO5, %OD, STS, Coliformes termotolerantes o fecales, Coliformes fecales, los cuales se encuentran dentro de los LMP según su normativa. | <p>personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refiere el estudio (Resultados del monitoreo) para luego relacionarlo con la otra variable, Por lo tanto, la presente investigación tiene un nivel de investigación descriptivo, (Hernández et al., 2014).</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>El estudio presenta como diseño de estudio al: Diseño exploratorio secuencial donde la recopilación y el análisis de datos de la investigación cualitativa van seguidos por la recopilación y el análisis de datos cuantitativos. Se da prioridad al aspecto cualitativo del estudio y las conclusiones se integran durante la fase de interpretación del estudio. (QuestionPro, 2022).</p> |
|--|--|---|--|

Fuente: Elaboración propia