

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Eficiencia de la PTAR Huaytire II mediante el  
SYSTEM O)) en la comunidad de Huaytire,  
provincia de Candarave, Tacna - 2021**

Maritza Mayumi Mamani Supo  
Sullma Lastenia Ccorimanya Mayta

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa ECOAGUA AMÉRICA REPRESENTANTES EN LATINOAMÉRICA DBO INTERNATIONAL y al Ing. Iván Calla delegado regional del Perú, por su apoyo y soporte en el monitoreo de aguas residuales, por la información brindada en el progreso de nuestra tesis y por las facilidades en cuanto al costo de esta investigación.

Al Ing. Edson Francisco Cárdenas Cusirramos, por el apoyo incondicional y sus recomendaciones que lograron el desarrollo de este trabajo de investigación, así como sus aportes de sus conocimientos sobre el tema.

A nuestro asesor el Mg. Steve Dann Camargo Hinostraza, quien aceptó con mucho gusto asesorarnos en este trabajo y por encaminarnos en la etapa de desarrollo de la elaboración de la tesis y brindarnos la oportunidad de recurrir a su conocimiento.

Por último, a la Universidad Continental por permitirnos lograr el título profesional y ser parte de la comunidad continental.

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis padres Clementina y Mauricio, por su apoyo incondicional y a mis hermanas y hermanos por sus consejos y motivaciones para poder lograr esta meta.

*Maritza Mayumi, Mamani Supo*

A Dios, a mi familia, en especial a mis padres y hermanos quienes me dieron su confianza, consejos y la oportunidad de lograr mis objetivos, ellos fueron un pilar fundamental en mi formación como profesional.

*Sullma Lastenia, Ccorimanya Mayta*

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>15</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1. Formulación del problema.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.1.Objetivo general.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2.Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Justificación e importancia .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.1. Justificación teórica.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.2. Justificación práctica.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.3. Justificación metodológica.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.4. Justificación social .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.5. Justificación ambiental .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4. Operacionalización de variables .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5. Limitaciones de la investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>1.6. Delimitaciones de la investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.1. Antecedentes Internacionales .....</b>	<b>23</b>

2.1.2. Antecedentes nacionales.....	25
2.1.3. Antecedentes regionales y locales.....	27
2.2. Bases teóricas.....	27
2.2.1. Contaminación del agua.....	28
2.2.2. Calidad hídrica .....	29
2.2.3. Agua residual .....	30
2.2.4. Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales .....	31
2.2.5. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) .....	33
2.2.6. Demanda química de oxígeno (DQO) .....	33
2.2.7. Temperatura .....	33
2.2.8. Sólidos totales en suspensión .....	34
2.2.9. pH.....	34
2.2.10. Aceites y grasas .....	34
2.2.11. Coliformes termotolerantes .....	35
2.2.12. Bases legales .....	35
2.2.13. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales.....	35
2.2.14. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.....	36
2.2.15. Ley N°29338 Ley De Los Recursos Hídricos .....	37
2.2.16. Norma Técnica de Edificación OS.090 Planta de Tratamiento de aguas residuales. ....	37
2.2.17. Ley 28611 ley General del Ambiente .....	38
2.2.18. Plan nacional de acción ambiental (PLANNA)-Perú 2011-2021.....	38
2.3. Costos de la implantación del System O)).....	39
2.4. Metodología del funcionamiento del System O)) .....	39
2.5. Definición de términos básicos.....	40
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>41</b>

<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Método y alcance de la investigación .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.1. Método General .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2. Método específico.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2. Alcances de la investigación .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.1. Tipo de investigación .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.2. Nivel de investigación .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.3. Diseño de la investigación .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. Población y muestra.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.1. Población .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.2. Muestra.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.1. Técnicas e instrumentos .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.4. Materiales .....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.5. Equipos de protección personal .....</b>	<b>44</b>
<b>3.5. Procedimientos .....</b>	<b>45</b>
<b>3.5.1. Etapa de Pre-campo .....</b>	<b>45</b>
<b>3.5.2. Etapa de Campo .....</b>	<b>45</b>
<b>3.5.3. Etapa de Laboratorio .....</b>	<b>48</b>
<b>3.5.4. Etapa de gabinete .....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>50</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Presentación de resultados .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.2. Análisis y comparación gráfica de los parámetros evaluados del afluente y efluente respecto a los LMP.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.3. Análisis del tiempo óptimo de tratamiento por los parámetros evaluados del efluente en la PTAR Huaytire II.....</b>	<b>62</b>

<b>4.1.4. Determinación de la eficiencia de la PTAR Huaytire II con la tecnología del System O))</b> .....	<b>69</b>
<b>4.1. Discusión de resultados</b> .....	<b>71</b>
<b>4.1.1. Evaluación de la eficiencia del System O)) en la disminución de aceites y grasas</b> .....	<b>72</b>
<b>4.1.2. Evaluación de la eficiencia del System O)) de coliformes termotolerantes</b> .....	<b>73</b>
<b>4.1.3. Evaluación de la eficiencia del System O)) de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)</b> .....	<b>74</b>
<b>4.1.4. Evaluación de la eficiencia del System O)) de Demanda química de oxígeno (DQO)</b> .....	<b>74</b>
<b>4.1.5. Evaluación de la eficiencia del System O)) de Sólidos totales en suspensión (SST)</b> .....	<b>75</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>83</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1:Operacionalización de variables .....	221
TABLA 2:Límites máximos permisibles para efluentes de una ptar .....	36
TABLA 3: Costo de cada visita.....	47
TABLA 4: Coordenadas del centro poblado Huaytire .....	48
TABLA 5: Coordenadas utm del afluente .....	50
TABLA 6: Resultados de los parámetros evaluados del afluente .....	51
TABLA 7: Coordenadas utm del efluente .....	52
TABLA 8: Resultados de los parámetros evaluados del efluente. ....	53
TABLA 9: Resultados de aceites y grasas según el tiempo en el que se tomó la muestra .....	62
TABLA 10: Resultado de coliformes termotolerantes según el tiempo en el que se tomó la muestra.....	63
TABLA 11: Resultado de la demanda bioquímica de oxígeno según el tiempo en el que se tomó la muestra .....	64
TABLA 12: Resultado de la demanda química de oxígeno según el tiempo en el que se tomó la muestra.....	65
TABLA 13: Resultados del ph según el tiempo en el que se tomó la muestra .....	66
TABLA 14: Resultado de los sólidos totales en suspensión según el tiempo en el que se tomó la muestra.....	67
TABLA 15: Resultado de la temperatura según el tiempo en el que se tomó la muestra .....	68
TABLA 16: Resultado de la eficiencia de remoción.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Ubicación de la comunidad de Huaytire donde se encuentra la planta de tratamiento de agua residual. tomada de google earth, 2018.....	47
FIGURA 2: Límites máximos permisibles para aceites y grasas. ....	55
FIGURA 3: Límites máximos permisibles para coliformes termotolerantes .....	56
FIGURA 4: Límites máximos permisibles para demanda bioquímica de oxígeno (DBO) .....	57
FIGURA 5: Límites máximos permisibles para demanda química de oxígeno (DQO). ....	58
FIGURA 6: Límite máximo permisible para pH.....	59
FIGURA 7: Límite máximo permisible para sólidos totales en suspensión .....	60
FIGURA 8: Límite máximo permisible para temperatura °C .....	61
FIGURA 9: Tiempo óptimo de aceites y grasas.....	62
FIGURA 10: Tiempo óptimo de coliformes termotolerantes.....	63
FIGURA 11: Tiempo óptimo de DBO <sub>5</sub> .....	64
FIGURA 12: Tiempo óptimo de DQO .....	65
FIGURA 13: Tiempo óptimo de pH.....	66
FIGURA 14: Tiempo óptimo de sólidos totales en suspensión .....	67
FIGURA 15: Tiempo óptimo de temperatura .....	68

## RESUMEN

Huaytire, es una comunidad que pertenece a la provincia de Candarave, departamento de Tacna, está ubicado al sur del Perú, a una altitud de 4,700 m.s.n.m. En cuanto al tratamiento de aguas residuales hasta el año 2020, contaba con pozos ciegos, pero gracias al apoyo y esfuerzo de Souther Perú y la municipalidad del centro poblado de Huaytire se construyó la planta de tratamiento de aguas residuales denominado, Huaytire II, que beneficia directamente a 220 pobladores, el tipo de tecnología es originaria de Canadá, que tiene entre sus principales ventajas, el bajo costo de operación y mantenimiento, además de ser ecológico la recuperación de las aguas tratadas podrán mantener buenos niveles en la calidad del agua.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo evaluar la eficiencia de la PTAR Huaytire II, mediante el System O)) en la comunidad de Huaytire. El proyecto de la PTAR de System O)) consta de obras de llegada o buzón de vidrio y tubería emisora de 200 mm pasando así al tratamiento preliminar que consta de tanques de 3,000 litros que sirven como desarenador y trampa de grasa, seguido del tratamiento primario que consta de 2 tanques de fibra de vidrio de 25,000 litros cada uno, que sirven de sedimentadores y finalmente el tratamiento secundario del System O)) que consta de una cámara con sistema canadiense Enviroseptic que distribuye el agua residual a las tuberías para el tratamiento de las aguas residuales. En el proceso se determinó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos iniciales y finales del agua residual, para ello la metodología de la investigación es descriptiva y según el tipo, es no experimental ya que no se manipula la variable, según el nivel y análisis de la información es de tipo descriptiva y según las fuentes de información es una investigación de campo, los resultados obtenidos cumplen satisfactoriamente con los LMP del D.S 003-2010-MINAM ya que el porcentaje de remoción es de 97.44 % en aceites y grasas y 99.78% en coliformes termo tolerantes, también un 94.36% en demanda bioquímica de oxígeno y un 91.70% en demanda química de oxígeno de la misma manera un 63.21% en sólidos totales de suspensión. Se concluye que la PTAR Huaytire II, Candarave, Tacna es eficiente ya que cumple con todos los parámetros evaluados de acuerdo a la norma.

**Palabras claves:** *parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, System O)), planta de tratamiento de agua residual, eficiencia de remoción, tiempo óptimo.*

## ABSTRACT

Huaytire, is a community that belongs to the province of Candarave, department of Tacna, is located in southern Peru, at an altitude of 4,700 meters above sea level. As for the treatment of wastewater until the year 2020, it had cesspools, but thanks to the support and effort of Souther Peru and the municipality of the town center of Huaytire, the wastewater treatment plant called Huaytire II was built, which It directly benefits 220 residents, the type of technology originates from Canada, which has among its main advantages, the low cost of operation and maintenance, in addition to being ecological, the recovery of treated water will be able to maintain good levels of water quality.

The objective of this research work is to evaluate the efficiency of the Huaytire II WWTP, through System O)) in the community of Huaytire. The System O)) WWTP project consists of arrival works or glass mailbox and 200 mm emitter pipe, thus passing to the preliminary treatment that consists of 3,000-liter tanks that serve as grit trap and grease trap, followed by primary treatment. which consists of 2 fiberglass tanks of 25,000 liters each, which serve as settlers and finally the secondary treatment of the System O)) which consists of a chamber with a Canadian Enviroseptic system that distributes the wastewater to the pipes for the treatment of sewage. In the process, the initial and final physicochemical and microbiological parameters of the wastewater were determined, for this the research methodology is descriptive and according to the type, it is non-experimental since the variable is not manipulated, according to the level and analysis of the information It is descriptive and according to the sources of information it is a field investigation, the results obtained satisfactorily comply with the LMP of D.S 003-2010-MINAM since the removal percentage is 97.44% in oils and fats and 99.78% in coliforms. thermotolerant, also 94.36% in biochemical oxygen demand and 91.70% in chemical oxygen demand in the same way 63.21% in total suspended solids. It is concluded that the PTAR Huaytire II, Candarave, Tacna is efficient since it complies with all the parameters evaluated according to the standard.

**Keywords:** *physicochemical and microbiological parameters, System O)), wastewater treatment plant, removal efficiency, optimum time.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años las plantas de tratamiento de aguas residuales son escasas o simplemente son plantas no operativas y algunas no cumplen con las normativas de cada país, hoy en día los países buscan una mejor manera de tratar las aguas residuales para que estas puedan tener un mejor uso y una mejor calidad en cuanto a la evaluación de los parámetros correspondientes. Como sabemos el principal problema que enfrenta el país es la falta de recurso hídrico, pero con la búsqueda de nuevas opciones en tecnologías sostenibles que hoy en día nos muestran los grandes países desarrollados para las plantas de tratamiento de aguas residuales, implantarlos generaría cambios significativos en nuestro sistema de tratamiento de aguas residuales.

La comunidad de Huaytire está a 4,700 m.s.n.m. pertenece a la provincia de Candarave, departamento de Tacna, las viviendas en la zona son de barro mayormente conocidas como adobe y tejas algunas con calaminas, ubicada a unos metros de la laguna de Suches al frente se puede observar el nevado de Tutu Paca, el clima y la topografía pertenecen a la Puna y Tundra húmeda alpina, el viento es helado, en la mayor parte del día hace viento y un frío intenso, las épocas de mayor friaje son en junio y julio, hay formaciones de remolinos que alcanzan gran altura. Su temperatura desciende 25° por debajo del nivel de congelamiento en junio, julio y agosto, elevándose entre 15° y 30°, en sombra y sol, respectivamente, en los meses de verano. Según los pobladores en épocas de lluvia, las lluvias son torrenciales, cae granizadas que llega a cubrir todo el suelo y los caminos no se ven. Su principal recurso económico es la alpaca, llama y la oveja de las cuales se extrae su lana y carne. La comunidad de Huaytire tiene luz eléctrica a través de conversión de energía solar en celdas fotovoltaicas, en la zona no crece ninguna planta a parte del ichu (1).

Esta investigación cuenta con varios capítulos, en los que se desarrolla la situación en cuanto a la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales con tecnologías convencionales y la nueva tecnología canadiense del System O)) para el tratamiento de aguas residuales y verificar si cumple con la normativa ambiental peruana.

Capítulo I: se expone la situación actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales y la problemática ambiental, en ella también se desarrolla el planteamiento del problema que son alertadores ya que no cumplen con los parámetros que requiera la normativa,

también se presenta nuestro objetivo que es: evaluar y analizar la eficiencia de la PTAR Huaytire II mediante el System O)) en la comunidad Huaytire.

En el Capítulo II: se presenta el marco teórico, en ellas están los antecedentes internacionales, nacionales y regionales, estas son clave para realizar la investigación. También se encuentran las definiciones teóricas, el marco legal que es muy amplio por la cantidad de entidades que se involucran.

En el Capítulo III: ingresamos a la metodología de la investigación la cual es netamente descriptiva y para la caracterización es el método general para el afluente, se realizará el monitoreo del efluente, sobre esta base se analiza si existe la eficiencia con la tecnología del System O)). Este trabajo está enfocado en la calidad hídrica de las plantas de tratamiento de agua residual.

Finalmente, en el Capítulo IV: se señalan los resultados de los monitoreos del afluente y efluente, como se requiere según la normativa de ministerio de vivienda para aguas residuales, en ellas se muestran los parámetros evaluados, por lo tanto, se menciona las conclusiones y si cumple con los objetivos de nuestra investigación satisfactoriamente.

En el Perú, el gran problema de las PTAR son las tecnologías convencionales que se construyen con costos muy elevados, sabiendo que no cumplen con la eficiencia que una planta de tratamiento de agua residual debería tener, los parámetros que exige la norma peruana que son los límites máximos permisibles D.S 003-2010-MINAM y para que se pueda usar el agua tratada, nos basamos en los estándares de calidad ambiental para aguas D.S. 004-2017-MINAM. Los problemas que seguimos arrastrando desde años anteriores es la falta de conciencia ambiental por parte de los gobiernos locales, provinciales y regionales, esto es gracias a que no se cuentan con programas adecuados de operación y mantenimiento, monitoreo, falta de personal capacitado, así mismo existe la falta de capacidad para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de tecnologías avanzadas.

Según el “Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento el cual fue elaborado por la SUNASS en contribución de la Cooperación Alemana, implementada por la GIZ, a través de Proagua II y el Centro Internacional de la Migración-CIM. En la cual se recoge los datos actuales de la infraestructura, eficiencia, operación y mantenimiento, según la evaluación se sugieren algunas mejoras” asimismo nos dice que

en el Perú tenemos 204 PTAR pertenecientes a las EPS de las cuales se indica que solo 163 plantas están operativas, 32 en construcción y 9 paralizadas, cuando hablamos de 32 plantas en construcción, estas son para reemplazar las que ya existen y las 9 también, pero estos siguen paralizados por distintos motivos que nos mencionan en el informe, todas ellas son tecnologías convencionales, como lagunas facultativas que opera 100 PTAR, existen múltiples fallas en todas las etapas las cuales afectan la eficiencia del tratamiento (2).

Si hablamos de la importancia que tiene el tratamiento de las aguas residuales, podemos mencionar que una de las principales, es la salud. En el Perú la mayoría de las zonas urbanas o comunidades campesinas no cuentan con un servicio de saneamiento, lo que implica problemas de salud como la disentería, gastroenterocolitis, hepatitis y otras enfermedades. Es importante tratar el agua residual para poder reusar tanto en el regadío de los cultivos de la población y no enviar directamente hacia un vertimiento. Hoy en día se presta mayor importancia a nuevas tecnologías que ayuden al medio ambiente; los países desarrollados están en búsqueda de nuevas tecnologías sostenibles y ecológicas para reemplazar las tecnologías convencionales que tenemos en nuestro país.

La planta de tratamiento de agua residual beneficia de modo directo a 220 pobladores de Huaytire y permite cumplir los parámetros para el tratamiento de aguas residuales, las mismas que se podrán reutilizar posteriormente con fines de riego. Para el tratamiento del recurso hídrico, se utilizará tecnología originaria de Canadá, que tiene entre sus principales ventajas el bajo costo de operación y mantenimiento. La recuperación del agua tratada no usa energía ni productos químicos, además es ecológico y durable en el tiempo. En la mayoría de los casos hay poblaciones o comunidades que no cuentan con un servicio de alcantarillado, por ende, no cuentan con una PTAR ya que esto tiene un elevado costo de inversión, lo que implica un costo adicional en sus programas de operación y mantenimiento, frente a este problema, la solución que se plantea es implantar la tecnología del System O)) para cubrir la cobertura de tratamiento de aguas residuales en el Perú y así cumplir con la normativa ambiental peruana.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento del problema

El problema del saneamiento a nivel mundial es una preocupación que aqueja a todo el mundo, a pesar de que muchos países industrializados cuentan con un manejo adecuado de aguas residuales, sin embargo, no se cuenta con un adecuado sistema de tratamiento, principalmente en países en vías de desarrollo, donde el servicio de saneamiento está construido sin proyectarse a cumplir con los objetivos propuestos, que es la calidad hídrica. En los últimos años los problemas más grandes que se presentan, son los medioambientales y una de ellas es el tratamiento de las aguas residuales que básicamente es del sanitario, pero si hablamos de las grandes ciudades donde hay varias industrias, estas cumplen con el reglamento de vertimiento, ya que están obligadas a cumplirlas debido a la alta descarga de contaminantes en los cuerpos receptores llegando a contener metales pesados como el arsénico y otros contaminantes que son perjudiciales para la salud. Así mismo, en la mayoría de los casos o regiones, se riega los vegetales con aguas de río las cuales son receptoras de grandes descargas de aguas residuales sin tratamiento alguno.

Según el Banco Mundial, el 80% de las aguas residuales de todo el mundo son vertidas sin ningún tratamiento a los cuerpos receptores que es el medio ambiente, estas aguas las vemos como un recurso que debemos de deshacernos, pero las aguas residuales son un recurso valioso, las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden convertirse en plantas de recuperación de recursos y las preguntas que nos hacemos son ¿cómo podemos convertir este residuo en un recurso? ¿cómo podemos transformar este residuo en un recurso del que saquemos provecho? Estas aguas sí se pueden tratar y realizar el reúso adecuado como en usos industriales, recreativos, agrícola, recarga de acuíferos y agua potable según los parámetros que cumplan, ahora es momento de ver a las aguas residuales como una economía circular para el beneficio de todos y el cuidado del medio ambiente (3).

El Banco Mundial menciona en el informe “De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe”, presenta como principal causa el crecimiento



poblacional y económico, ya que esto implica un incremento en cuanto a la necesidad del recurso hídrico, es por esta razón que el 36% de la población mundial vive en regiones con escasez de agua. Cuando menciona la escasez de agua es por el crecimiento poblacional que es la consecuencia de las migraciones y emigraciones que ocurre en cada país de Latinoamérica y el Caribe estos actos conllevan a la degradación en la calidad del agua, ya que no hay suministros adecuados ni infraestructuras de saneamiento, especialmente en zonas urbanas y anexos. En América Latina y el Caribe, el 60% de la población está conectada a un sistema de alcantarillado y solo el 30 a 40 % de las aguas residuales de la región que se captan se tratan. Estos porcentajes son sorprendentes, dados los niveles de ingreso a la red de alcantarillado y urbanización de la región, tienen implicaciones importantes en la salud pública, la sostenibilidad ambiental y la equidad social (4).

El Perú, es uno de los países de Latinoamérica con más problemas medioambientales, uno de ellos es la falta de tratamiento de aguas residuales. En el diario “Gestión”, se menciona que más de 7 millones de peruanos no cuentan con servicio de saneamiento y consumen agua no potable y en consecuencia adquieren diferentes enfermedades, sea virus, bacterias u otros, de las cuales 2.5 millones son de zonas urbanas y 4.8 millones en zonas rurales, informó el instituto de economía y desarrollo empresarial de la cámara de Comercio de Lima (5).

La SUNASS, en el primer informe que presentó el año 2008 titulado: “Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución”, menciona que, la gestión de los recursos hídricos en el Perú actualmente cuenta con una arquitectura legal hacia su uso sostenido, muestra de ello es la reciente aprobación de la Ley N° 30588 que aprueba la reforma de la Constitución Peruana, reconociendo el derecho al acceso de agua potable como un derecho constitucional. Pese a ello, es un desafío conectar la etapa del vertimiento y el reúso de las aguas residuales tratadas, dentro de la gestión integrada del recurso hídrico. También menciona que, en el Perú tenemos 143 plantas de tratamiento de aguas residuales a las cuales podemos decir que son exitosas, esto es por la versión sesgada de las EPS que no llegan a descubrir el potencial socio económico de las PTAR, para efectuar sus actividades de operación y mantenimiento y la falta de cultura ambiental de parte de las EPS. El resultado que obtenemos son la contaminación de los cuerpos receptores de las aguas que reciben los efluentes y la

insuficiente calidad de las PTAR como vertimiento estos provenientes del sistema del alcantarillado. Así mismo indica que en el país la inversión que se debe de hacer es de aproximadamente US\$ 369 millones de dólares, dinero que generalmente proviene de donaciones, ya que la construcción es muy cara y no se cuenta con el presupuesto suficiente, es por ello que ahora se pide a las mineras que cubran dicho monto, si son zonas afectadas porque el Perú cuenta con varias mineras en muchas regiones (6).

Igualmente, después de 7 años en el año 2015 se realizó otro informe de “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento” la desigualdad de la cobertura de tratamiento de aguas residuales de la capital y el resto del país es un problema muy grande y de las cuales 89 localidades administradas por las EPS no tienen una PTAR. También nos habla de las diferentes tecnologías de tratamiento secundario de las PTAR, de las cuales, las que más se aplican en la etapa de tratamiento secundario son las lagunas facultativas con 100 PTAR en todo el Perú. Seguidas por las lagunas aireadas y anaerobias en forma individual o en combinación que representan el 75% de las PTAR (2).

### **1.1.1. Formulación del problema**

#### **1.1.1.1. Problema general**

¿Cuál es la eficiencia de la PTAR Huaytire II mediante el System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna - 2021?

#### **1.1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual de la PTAR Huaytire II?
- ¿Cómo comparar los LMP's respecto a los parámetros evaluados?
- ¿Cómo establecer el tiempo óptimo de tratamiento del System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna - 2021?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de la PTAR Huaytire II mediante el System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna - 2021.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente del agua residual de la PTAR Huaytire II, provincia de Candarave, Tacna - 2021.
- Analizar y comparar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos respecto a los Límites máximos permisibles (LMP), provincia de Candarave, Tacna - 2021.
- Analizar el tiempo óptimo de tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna - 2021.

## **1.3. Justificación e importancia**

Las aguas residuales de origen doméstico están compuestas por una serie de elementos físicos, químicos y bacteriológicos que, sin tratamiento adecuado, constituyen un riesgo elevado para la salud pública y para el medio ambiente.

Cuando hablamos de aguas residuales, la mayoría no presta atención porque no tenemos una educación ambiental ni conciencia, debería enseñarse en casa porque es una preocupación muy grave que afecta a todos sin excepción, como sabemos en algunos países el agua ya fue racionada.

La demanda de sistemas de tratamiento de aguas residuales aumenta continuamente, hoy en día la atención se centra en los micro contaminantes que tienen el potencial de causar efectos como disruptores o alteradores endocrinos y pueden acumularse en el ciclo del agua o afectar los ecosistemas. La falta de agua permitirá más adelante el desarrollo y la implementación de tecnologías para su tratamiento y reúso.

### **1.3.1. Justificación teórica**

En los últimos años la construcción de una PTAR en todas las regiones del país es una necesidad y con el avance de las nuevas tecnologías se puede

trabajar para la mejora y cuidado del medio en el que vivimos. El System O)) es una tecnología autónoma y pasiva que permite el tratamiento y reutilización de aguas residuales domésticas, optimizando recursos. Presenta ventajas como el bajo costo de operación y mantenimiento, la recuperación de agua tratada, no usa energía ni productos químicos, además de ser ecológico y durable en el tiempo, ha demostrado ser eficaz en los resultados de tratamientos de normas y estándares establecidos. Además de ser certificada internacionalmente como una de las soluciones más ecológicas y sostenibles de todo el mundo, es por ello que contar con esta tecnología en el país es algo que nos traerá una solución y la recuperación de las aguas residuales, cumpliendo con los parámetros establecidos según la norma peruana y que podamos reemplazar las tecnologías convencionales para el beneficio de la población y en zonas con una altitud mayor a 4700 m.s.n.m. por lo que se prestaría para una sumisión adecuada en las comunidades en las cuales hay pocos habitantes y que no pueden conectarse a una red matriz de un sistema de saneamiento.

### **1.3.2. Justificación práctica**

El presente trabajo de investigación se apoya en el informe de la SUNASS que presenta los problemas más significativos que debería cumplir una PTAR, en el cual se menciona 204 PTAR en total de las cuales 163 estaban operativas, 32 en construcción y 9 paralizadas, debido a ello el System O)) se presenta como una alternativa de solución ecológica y eficiente en cuanto al costo, operación y mantenimiento y el tiempo en cual cumple con LMP tal como indica en el D.S. 003-2010 MINAM.

### **1.3.3. Justificación metodológica**

En la presente tesis se evaluará los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente de la PTAR Huaytire II con la implementación de la nueva tecnología del System O)), para lograr ello se siguió con el protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales según resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA, para luego dar un aporte de investigación con esta tecnología pasiva.

#### **1.3.4. Justificación social**

Los resultados beneficiarán a la población que anteriormente contaban con un pozo ciego el cual contaminaba los bofedales, atraía mosquitos y malos olores. Las aguas residuales y el saneamiento están ligados a los problemas de salud como la anemia, hepatitis, el cólera, la disentería, etc. que afectan de manera directa a la salud y a la economía.

#### **1.3.5. Justificación ambiental**

La implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales con el System O)) mejora la calidad del agua de los cuerpos superficiales que se utilizan en la agricultura y pesca, ya que estas desembocan en la laguna de Suches y en el ecosistema de bofedales. Principalmente cumple con la normativa peruana y tiene un bajo costo en operación y mantenimiento del proyecto de implementación del System O)).

### **1.4. Operacionalización de variables**

**TABLA 1:**Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	U. DE MEDIDA	INDICADOR
Dependiente Eficiencia	Coliformes termo tolerantes o fecales	Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 44.5 +/- 0,2 °C en 24 horas.	Tienen origen específicamente fecal fermentadores de lactosa y formadores de ácidos y gases <i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	Comparación con los LMP's.
	Sólidos totales en suspensión	Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual.	Todos los sólidos suspendidos totales son toda la materia retenida por un filtro.	Mg/L	
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).	Es la cantidad de oxígeno que necesita para degradar la materia orgánica en 5 día y a una temperatura de 20°C.	MI/L	
	Demanda química de oxígeno (DQO)	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.	Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar la materia orgánica con permanganato.	Mg/L	
	Temperatura	Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.	Es la magnitud escalar para saber si hace frío o calor según la altitud del lugar.	°C	
	pH	Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro.	Concentración del potencial de hidrogeniones que se encuentra en una solución en este caso en el agua.	U de pH.	
	Aceites y grasas	Material recuperado como una sustancia soluble en el solvente.	Son productos de los jabones y que se presentan en el agua residual.	Mg/L	
Independiente System O))	Tiempo y caudal	Se utiliza para nombrar a una magnitud de carácter físico que se emplea para realizar la medición de lo que dura algo que es susceptible de cambio.	En qué tiempo se tiene la eficiencia medida en días desde la puesta en marcha y cuánto de caudal diario tiene	Días M³/s	Cumplir con los LMP's

## **1.5. Limitaciones de la investigación**

### 1.5.1. Limitaciones teóricas

- Antecedentes teóricos

### 1.5.2. Limitaciones temporales

- Tiempo de desarrollo de la investigación.

### 1.5.3. Limitaciones metodológicas

- Parámetros de las muestras tomadas, fidelidad, veracidad de los datos.

### 1.5.4. Limitaciones de recursos

- Económicos: se tomaron muestras necesarias para la investigación, no se tiene duplicados debido a los limitados recursos que se tiene sin embargo no quita la veracidad de la calidad de los resultados.
- Geográficos: debido a la altitud donde se encuentra la PTAR, lo que conlleva a las 9 horas de viaje.
- Poca información actualizada.

## **1.6. Delimitaciones de la investigación**

### 1.6.1. Delimitación temporal

- La duración de la investigación será en un tiempo de nueve meses que abarca la investigación desde la puesta en marcha.

### 1.6.2. Delimitación espacial

- La investigación se realizará en la planta de tratamiento de aguas residuales de Huaytire II, en el poblado de Huaytire, provincia de Candarave, departamento de Tacna 2021.

### 1.6.3. Delimitación cuantitativa

- La calidad del recurso.
- La ubicación de la planta de tratamiento de agua residual de Huaytire II a 4700 m.s.n.m.
- Análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual de Huaytire II.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Según Morales el 2020, en su trabajo de investigación titulado “Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) nuevo Tambo, ubicada en el municipio del Tambo, departamento del Cauca, priorizada en la subdirección de patrimonio ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Cauca”, inició con una evaluación en la estructura y función de la PTARD, el cual se encontraba inactivo y en abandono, la tecnología empleada en la PARTD fue el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) que una vez restaurada, se realizó el análisis de remoción en el cual se avaluaron 5 parámetros (DBO5 con 95.1%, DQO con 91%, Sólidos Suspendidos Totales SST 4.8% y Sólidos Sedimentables (SSED) con 66.7%), con esto se concluyó que el estado funcional y operacional de PTARD es óptimo (7).

Fernando Larios, Carlos Gonzales y Jennifer Morales en su revista titulada “Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú” nos indica que en más del 80% de la población está centrada en las ciudades, tal es el caso que el agua es insuficiente y consigo el 70% de las aguas residuales no cuentan con tratamiento es por ello que no se puede reaprovechar este recurso, la cual es escasa. Según el Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015 solo el 30% de la inversión pública fue empleada en tratamiento de agua (8).

Tsunao Matsumoto e Iván Andrés en su revista, estudia el “Desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sao Joao de Iracema (Brazil)”, nos habla de los parámetros más importantes que se debe de evaluar en una planta de tratamiento como son: la materia orgánica, sólidos y organismos fecales. Este trabajo tiene como objetivo elaborar el diagnóstico del desempeño de la planta en la reducción de la concentración de los parámetros. La metodología es descriptiva no experimental, la tecnología en esta investigación es batimétrico de las lagunas anaerobia y facultativa, como resultado se obtuvo la reducción de la concentración del



DBO5 mas no los coliformes fecales, llegando a concluir que es necesaria un tratamiento posterior (9).

En la revista publicada por José Duro; Javier Vaquero; Álvaro del Cuviello; Eduardo Torralba nos mencionan que, “La planta de tratamiento de Atotonilco, la mayor depuradora del mundo” con el objetivo de reaprovechar el agua para regadío, el 60 % de las aguas residuales de la ciudad de México será depurada con un caudal medio de 35 m<sup>3</sup>/s y un máximo de 50 m<sup>3</sup>/s, el método de investigación es descriptiva, la tecnología de la planta de tratamiento utiliza un reactor biológico y un clarificador secundario, con esta investigación se busca que la planta de tratamiento sea autosuficiente (10).

Virginia, en su revista titulada “Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales”, describe la situación actual de México en el tratamiento de sus aguas residuales, sustentando que no es óptima, la reutilización y la reincorporación a los cuerpos de agua superficiales y subterráneas no es una prioridad para la población, a ello se suma que las tecnologías empleadas son contaminantes y consumen mucha energía por ello es necesario sustituir por tecnologías alternativas que nos permitan vivir en un ambiente (11).

Según la investigación de tesis de pregrado realizado por Mauricio Escobar y María Elizabeth Bejarano titulada “Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual”, tuvo como objetivo, evaluar la eficiencia del uso de microorganismos para el TARD al norte de Bogotá, la metodología del estudio es una investigación descriptiva-cualitativa, con un sistema de lodos activados y microorganismos que se encuentran en la materia orgánica y como resultado se obtuvo un 79.8% de remoción de materia orgánica (12).

Según Castañeda, A y Flores H, en su revista titulada “Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en los Altos de Jalisco, México” el objetivo del estudio fue evaluar que, la planta típica de los humedales tiene mayor remoción en el tratamiento de las aguas residuales con una instalación de bajo costo y mantenimiento, la

metodología del trabajo fue experimental mediante el uso de recipientes cilíndricos de plástico, se concluye que tienen una eficiencia significativa en la reducción de materia orgánica y nutrientes ya que cumplen con la norma oficial mexicana (13).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En el informe recopilado de la SSUNAS denominado “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de Servicio de saneamiento”, describe la data actual de las PTAR en el Perú, en lo que se refiere a su infraestructura, la eficiencia de los tratamientos, operación y mantenimiento, etapas en las que se encontraron deficiencias, empezando por los diseños, estructura y funcionamiento de las 204 PTAR las cuales están sujetas a 32 EPS. 163 estaban operativas, 32 en construcción y 9 paralizadas. Con respecto a la eficiencia de los tratamientos, se clasificaron de acuerdo a las tecnologías utilizadas, de las cuales 100 PTAR operan con lagunas facultativas seguidas por las lagunas anaerobias y facultativas también están los lodos activados, en este informe se concluye que nuestro país tiene problemas en la cobertura de las PTAR, teniendo un 50% de ellas centradas en la capital y los demás en el resto del país, de manera que 89 localidades administradas por las EPS no tienen una PTAR (2).

Según Reyes, en su trabajo de investigación titulado “Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma – AQUAFIL”, tuvo como objetivo optimizar la planta de tratamiento del distrito de Caylloma añadiendo Biocarries a los tanques reactores biológicos, tecnología de lodos activados, el cual consiste fundamentalmente en el aumento de la biomasa lo que hace que la degradación de la materia orgánica sea mayor en los tanques reactores, con ello se obtuvo un 40% más de la capacidad total de la PTAR. Llegando a tener una capacidad de tratamiento de 280 m<sup>3</sup>/d. con un total de 3200 habitantes (14).

Según Gyver J, Pacush F, en su trabajo de investigación titulado “Determinación de la efectividad del sistema D.H.S. de cuarta generación como tratamiento secundario del efluente de tanque séptico para disminuir

el DBO5, SST Y CF en la localidad de Marian – Independencia – Huaraz, 2016”, tuvo como objetivo evaluar el sistema D.H.S. de cuarta generación en reducir los parámetros mencionados en el título de la salida del tanque séptico, el método que emplearon fue por esponjas de poliuretano tipo Zebra 500, teniendo ya instaladas, se realizaron las muestras tanto en la salida como en la entrada, dando como resultado que este sistema de Downflow Hanging Sponges de cuarta generación cumple con DBO5, SST y DQO dentro de la normativa, pero no con los CF y AyG, con esto se concluye que no es eficiente con todos los parámetros que se evaluaron (15).

Manotupa L, Muriel J, en su trabajo de investigación titulado “Propuesta elaboración de una guía para el proceso de diseño en proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú”, desarrolló la causa del problema que se ve en las PTAR en el Perú empezando por los diseños y operación de estas, ya que no están debidamente estandarizados, dado ello se propuso realizar esta guía con el fin de ayudar a tener una mejor elección en las tecnologías adecuadas y sostenibles la cual cumpla con la normativa ambiental para plantas de tratamiento de aguas residuales en el país, así terminar con el principal problema que es la mala elección de las tecnologías (16).

Aquino P, en la redacción de su libro denominado “Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales”, explica la importancia y los problemas de la calidad del recurso, teniendo en cuenta la importancia que tiene en los seres vivos, ya que esta se ve reflejada con los efectos del cambio climático que se vive, para ello se debe tener una mejor coordinación intersectorial entre las entidades encargadas ya que con ello se puede llegar a un manejo adecuado de gestión de calidad del agua y de esta manera podamos reutilizar en distintas actividades para cuidar y tener mayor conciencia sobre este recurso (17).

Carrasco E, Millones F, en su trabajo de investigación titulado “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes del dren 3100 del distrito de Pimentel con el método ecológico de la fitorremediación utilizando Eichhornia Crassipes”, tiene como objetivo, elaborar un diseño teniendo en cuenta el método ecológico con el jacinto de agua, la

metodología de la investigación fue experimental realizándose la fitorremediación del agua residual con el jacinto de agua, teniendo como resultado una eficiencia en el 60% de los valores de CT y CF, la cual dio una conclusión con la reutilización de estas aguas para actividades de regadío o bebida de animales ECA del agua tipo III (18).

### **2.1.3. Antecedentes regionales y locales**

Cauna C, en su trabajo de investigación titulado “Sistema de tratamiento de aguas residuales del sector Arunta para reúso de áreas verdes del distrito de Tacna”, tiene como objetivo el reúso de las aguas residuales de la PTAR Arunta, en tal sentido proponen implementar un reactor biológico para así cumplir con los niveles de vertido, debido a ello se desarrolló el diseño, teniendo en cuenta todas las consideraciones y características que debe cumplir una PTAR, también se resalta que en este diseño deben considerar el crecimiento poblacional, por lo tanto, se desarrollaron estudios topográficos, recolección de muestras de aguas residuales y por último se determinó que el costo de operación asciende a 5250.00 soles mensuales y el costo de mantenimiento es de 1500.00 soles mensuales (19).

Huanacuni C, en su trabajo de investigación titulado “Capacidad de depuración de aguas residuales domésticas con aplicación de diferentes tecnologías de tratamiento sostenibles con costos de operación y mantenimiento económicos para pequeñas comunidades descentralizadas en Tacna (Cono Sur) - Perú”, tiene como objetivo, determinar la capacidad de purificar las aguas residuales mediante tecnologías distintas y sostenibles y dependiendo de los resultados se puede analizar cuan eficiente es el sistema, si es el más adecuado, pero al concluir con el estudio no se logró reducir los contaminantes evaluados de la planta de tratamiento de agua residual, por tal motivo recomiendan mejorar en la gestión del sistema integral y diseño (20).

## **2.2. Bases teóricas**

A continuación, se detalla los fundamentos respecto a la presente investigación para así tener en claro los conceptos y términos propios del estudio.

### **2.2.1. Contaminación del agua**

Según la OMS, es agua contaminada, cuando su composición o su estado natural se ve alterada, por consiguiente, no sería apta para consumo humano, muestra alteraciones físicas, químicas o biológicas. Las aguas contaminadas pueden tener un origen natural o antrópica como por ejemplo un agua residual doméstico producto de los sanitarios” (21).

La contaminación del agua tiene varias definiciones y si hablamos de las causas estas son diversas y el origen tiene mucho que ver ya que en algunos casos estos pueden afectar la salud de las personas porque presentan diferentes concentraciones de sustancias dañinas.

Edgar Isch, sustenta que, la contaminación de las aguas “es un complejo fenómeno social, económico y ambiental que constituye uno de los más serios obstáculos para el Buen Vivir. El deterioro de la calidad de las aguas es notorio, altamente nocivo y de grandes dimensiones cuando se trata del impacto ambiental de las actividades extractivistas, principalmente hidrocarburíferas y mineras, actividades que han generado una afectación ambiental con muy graves y permanentes daños para la salud y la vida de la gente y a los ecosistemas” (22).

La contaminación del agua es un problema que afecta a todos y genera desconfianza en quienes la consumen, pese a que sin ella la humanidad no existiría. La primera medida que debemos tomar sobre la contaminación del agua es reduciendo el consumo de agua.

Según el MINAM la contaminación del agua “es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua” (23).

La contaminación del agua se refiere su modificación física, química y microbiológica, por ejemplo, la descarga directa de aguas residuales a los ríos, lagos, mares y quebradas convirtiéndolas en aguas peligrosas con presencia de bacterias, sulfatos, boro, arsénico y otros contaminantes causando problemas en la salud y por consiguiente a la flora y fauna de estos ecosistemas.

### **2.2.2. Calidad hídrica**

La calidad del recurso incide de manera directa en la salud tanto de los ecosistemas que habitan en la misma como en el bienestar del ser humano, y será utilizada dependiendo de su calidad, sea para uso recreativo, doméstico, agrícola, ganadero, como hábitat para organismos acuáticos, entre otros. También se define como “la capacidad intrínseca que posee el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella y otros usos. Sin embargo, deben tener cuidado con el uso ya que esto regresa al ciclo del agua y si no se realizan un adecuado tratamiento puede afectar a la fuente” (24).

Podemos definir la calidad del agua de acuerdo a los parámetros que cumplen según la normativa peruana y según los resultados obtenidos se destina para que se pueda utilizar según la categoría del ECA, en la mayoría de los casos se utilizan en riego para cultivos, sin que el recurso cumpla con la normativa establecida.

Según la Revista de Tecnología y Sociedad, “el agua es uno de los elementos naturales fundamentales que, junto con el aire, la tierra y la energía, constituyen los cuatro recursos básicos donde se apoya la vida en cualquiera de sus formas, sin embargo, la importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo, solo hasta finales del siglo XIX se le reconoció como origen de numerosas enfermedades infecciosas, hoy en día su importancia, está fuera de toda duda” (13).

La calidad del agua es importante para la salud de las personas porque es una fuente principal que se consume, en alguno de los casos a simple vista se puede decir que el agua está en óptimas condiciones, sin embargo, siempre es bueno una evaluación de laboratorio para saber la calidad hídrica del recurso y de esta manera saber si se puede consumir.

Según la ONU, “la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y así proteger la salud de las personas.

Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos” (25).

Consiste en una muestra de agua en botellas de plástico y de vidrio para enviarlos a un laboratorio, donde se analizará que elementos tiene el agua y en qué cantidad se encuentra. Sin ella no pueden vivir ni las plantas, ni los animales es indispensable en la vida diaria es por ello la importancia del agua y la calidad.

### **2.2.3. Agua residual**

Según la publicación realizada por “Fibras y Normas de Colombia SAS .Las aguas residuales son aquellas cuyo resultado de las actividades domésticas humanas en especial las que se relacionan con el uso de los servicios sanitarios que terminan en procesos como fosas sépticas y actividades industriales o comerciales; como sabemos el agua es un componente vital para la conservación de la vida en el planeta y sabiendo que su existencia es limitada nos resulta imperativo evitar su pérdida constante e irrecuperable, es por ello que se ha propuesto procesarla y devolverla a su ciclo reduciendo su impacto y contaminación” (24).

Las aguas residuales son el resultado básicamente de los servicios higiénicos y domésticos los cuales terminan en el alcantarillado y trasladados hasta una PTAR para luego ser tratadas y reusadas.

En la investigación titulada “Capacidad de depuración de aguas residuales domésticas con aplicación de diferentes tecnologías de tratamiento sostenibles con costos de operación y mantenimiento económicos para pequeñas comunidades descentralizadas en Tacna (Cono Sur)-Perú”, se define a las aguas residuales como “Agua usada por una comunidad o industria con material orgánico e inorgánico disuelto o en suspensión. De las cuales han sido modificadas por la actividad antropogénica requiriendo un tratamiento previo para ser vertido” (20).

Las aguas residuales son consecuencia del uso doméstico y de las actividades industriales, pero en este caso se necesita un tratamiento antes

de ser vertida al alcantarillado por los contaminantes que puede alterar para ser tratada.

Según el informe Mundial de la Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos “Las aguas residuales se consideran como una combinación de uno o más de los siguientes efluentes domésticos que consisten en aguas negras (excremento, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas servidas de lavado y baño); así como agua residual de establecimientos comerciales e instituciones, incluidos hospitales, efluentes industriales, aguas pluviales y otras escorrentías urbanas, agrícolas, hortícola y acuícola” (26).

Las aguas residuales y las aguas grises son el resultado de varias actividades que debemos de tratar ya que estas se pueden reutilizar bajo previo tratamiento en el regadío de parques y jardines y así llegar al aprovechamiento y cuidado del agua y que no sean vertidas directamente al mar, ríos, etc.

#### **2.2.4. Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales**

##### **A. Pretratamiento**

“Se define como preliminar porque es la “antesala” del tratamiento de depuración que recibirán las aguas residuales debido a que cumple con las funciones de medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta como también de extraer los sólidos flotantes grandes, la arena y la grasa, destacando que la eliminación de estos agentes indeseables se suscita mediante un proceso de filtración, el cual es necesario para el normal desarrollo de esta fase” (24).

El pretratamiento, se basa en que el afluente debe ser drenado mediante un sistema seguro para así iniciar con la siguiente etapa, en ella se hace la remoción de objetos grandes que son básicamente residuos sólidos

##### **B. Tratamiento primario**

“Esta etapa tiene como propósito, eliminar los sólidos en suspensión a través de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por sustancias químicas tales como coagulantes y floculantes. Estas llegan a grandes tanques donde serán agregados compuestos químicos tales como sales de hierro, aluminio y polielectrolitos floculantes para



completar el proceso, así como producir precipitación del fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloides hasta en un 70%. Este proceso se desarrolla mediante el uso de máquina hidráulica, basándose allí el reconocimiento como tratamiento mecánico” (24).

Este proceso es conocido como tratamiento mecánico el cual va a permitir reducir los sólidos, grasas y arenas que aún presenta el agua, llegando así a obtener una mezcla homogénea la cual permitirá seguir con el siguiente proceso biológico o secundario.

### **C. Tratamiento secundario**

“La etapa secundaria se define como un proceso biológico natural, donde participan los microorganismos presentes en el agua residual y que se desarrollan en un reactor o cuba de aireación, sin contar los que también se desarrollan en menor medida en el decantador secundario” (24).

Esta etapa es conocida mayormente como tratamiento biológico, porque es la encargada de degradar la materia orgánica proveniente de los residuos humanos, para ello, se utilizan rejillas para evitar obstrucciones haciendo que el tratamiento sea más fácil. Las tecnologías que se utilizan son diversas, entre ellas tenemos el tratamiento aeróbico, en el que se utiliza el microorganismo para aumentar el oxígeno y de esta manera eliminar los compuestos con nitrógeno; también tenemos el anaeróbico donde la biodegradación convierte en gas metano y dióxido de carbono la materia orgánica. Otra de las tecnologías que más se utiliza, es la de lodos activados, el cual es suministrado en este proceso para la biodegradación de la materia orgánica.

En esta segunda etapa, se utilizan diferentes tecnologías, como ya sabemos el Perú emplea en la mayoría de las PTAR's, las tecnologías convencionales, pero vemos deficiencias en cuanto a la calidad del efluente y un alto costo en su operación y mantenimiento. Es por ello que se busca nuevas tecnologías sostenibles y eco amigables que cumplan con los parámetros evaluados y que tengan un bajo costo de operación y mantenimiento.

### **2.2.5. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)**

“Dado que la materia orgánica no solo son carbohidratos, una manera más práctica de analizar el consumo de oxígeno en la degradación de la materia orgánica en general, es medir los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). [...] La DBO5 tiene característica principal que requeriré de una cantidad de oxígeno para degradar la materia orgánica en 5 días y a una temperatura de 20°C. los riesgos que se pueden presentar si consumes con alto contenido de DBO5 este te presentaría riesgos en la salud” (27).

La demanda bioquímica de oxígeno, es la cantidad de oxígeno que necesitamos en la evaluación para poder degradar la materia orgánica a una temperatura de 20 °C. este parámetro es muy importante para determinar la calidad hídrica de las aguas residuales.

### **2.2.6. Demanda química de oxígeno (DQO)**

“DQO es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L y se emplea un oxidante (dicromato potásico). [...] la desventaja que presenta es en algunas muestras no son biodegradados” (27).

La demanda química de oxígeno es para determinar la cantidad de materia orgánica e inorgánica que se encuentran en el cuerpo de agua, para ello se aplica un oxidante como el dicromato potásico, esta prueba toma un tiempo de 3 horas, si hablamos del DQO podemos mencionar que es un parámetro muy importante que se debe de cumplir con lo que exige la norma, en la mayoría de las PTAR que hay en el país no cumplen con ello y necesitan un tratamiento posterior lo que conlleva a un costo adicional.

### **2.2.7. Temperatura**

“La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, [...] La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. Los riesgos que pueden presentar si las temperaturas son altas serían la proliferación de algunas plantas acuáticas” (27).

La temperatura es un parámetro que llega a ser muy decisivo en la eficiencia para la remoción de los contaminantes en las plantas de tratamiento de agua residual en los procesos biológicos. Las PTAR que se encuentran en el país deben tener una temperatura no mayor a 35°C. según el reglamento de los LMP para una planta de tratamiento en el efluente.

#### **2.2.8. Sólidos totales en suspensión**

“Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. [...] Son de suma importancia para el control del proceso de tratamiento biológico y físico de aguas residuales. El riesgo que tenemos es que los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras” (27).

La evaluación de dicho parámetro es importante para saber el control del tratamiento o biológico de las aguas residuales, esta generalmente se evalúa mediante la observación como la turbidez del agua, se monitorea con la finalidad de evaluar la concentración de los residuos domésticos.

#### **2.2.9. pH**

“La alcalinidad de muchas aguas superficiales depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. [...] La determinación de la alcalinidad se utiliza en el control de los procesos de tratamiento de aguas” (27).

El pH en el efluente de una PTAR debe de tener un valor de 6.5 a 8.5 expresadas en unidades de pH, según lo que exige la normativa peruana, este parámetro nos indicará la calidad hídrica y en la mayoría de los casos la evaluación que se realiza es in situ.

#### **2.2.10. Aceites y grasas**

La contaminación de aguas recreacionales con sustancias aceitosas puede ocurrir como resultado de causas naturales o antropogénicas. “[...] los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan” (27).

Los aceites y grasas en una PTAR es el material recuperado en una forma de sustancia soluble en el solvente en las plantas de tratamiento de aguas residuales donde se colocan las trampas de grasa antes de que ingresen al tratamiento biológico.

#### **2.2.11. Coliformes termotolerantes**

“Los termotolerantes diferentes de *Escherichia coli* pueden proceder a aguas orgánicamente enriquecidas como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición” (27).

Este parámetro tiene la capacidad de fermentar la lactosa entre 44 - 45°C son las denominadas *Escherichia coli*. La probabilidad de que se vuelvan a desarrollarse es mínima, el daño que puede causar a la salud si esta tiene contacto con una persona con una herida, puede causar infecciones por ello es indispensable que cumpla con los LMP para aguas residuales.

#### **2.2.12. Bases legales**

En el marco legal peruano, actualmente se cuenta con un sistema legal amplio, pese a ello, aún es un desafío poder conectar la etapa de vertimiento y el reúso de las aguas residuales. A continuación, se muestran las normativas aplicables en el sector saneamiento:

#### **2.2.13. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales**

“Los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de tratamiento de aguas residuales se aprobaron por Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM el 17 de marzo de 2010, debido a la falta de una norma para la regulación de la medida de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida en sus concentraciones puede causar daños a la salud y al ambiente” (23).

El presente Decreto Supremo nos ayuda a aplicar los trabajos de investigación donde se realizan muestreos y comparaciones respecto a los parámetros, así también, a monitorear en los efluentes de aguas residuales

domésticas o municipales con el fin de verificar el cumplimiento de la legislación ambiental vigente. La norma, presenta en sus anexos los 7 parámetros exigidos para los efluentes de PTAR, las mismas que serán validados solo si se efectúan de acuerdo a los Protocolos de Monitoreo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Con esta norma, en nuestra tesis se podrá determinar, analizar y comparar los parámetros monitoreados en la PTAR Huaytire II.

**TABLA 2:** Límites máximos permisibles para efluentes de una PTAR

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua</b>
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	mg/l	200
pH	U de pH	6.5 – 8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/l	150
Temperatura	°C	< 35

**Fuente:** D.S. 003-2010-MINAM <sup>(23 p.2)</sup>.

#### **2.2.14. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.**

“Según Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA el 24 de Octubre del mismo año, se aprobó el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, con el objetivo poder estandarizar la metodología para el desarrollo de los monitoreos de la calidad del agua residual tratada o efluente de las PTAR domésticas o municipales, asimismo aplicable al agua residual cruda o afluente que ingresa a la PTAR” (28).

El protocolo vigente nos ayudó en el procedimiento de la toma de muestras representativas tanto en el afluente y efluente de la PTAR Huaytire II, a

través de aplicación de la metodología, los criterios técnicos, el procedimiento para la preservación de las muestras y transporte de las mismas, lo cual que evitó tener algún tipo de equivocación a la hora de la toma de las muestras, de tal manera permitió tener muestras representativas confiables y garantizar los datos o resultados extraídos.

#### **2.2.15. Ley N°29338 Ley De Los Recursos Hídricos**

“La ley de Recursos Hídricos aprobada mediante la Ley N.º 29338, el 31 de marzo de 2009, tiene como finalidad regular el uso y gestión de los recursos hídricos que comprende el agua superficial, subterráneas, continental y los bienes asociados a esta. Entre sus principios destacados está el principio de sostenibilidad, donde se indica que el estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos, previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno ,como parte del ecosistema donde se encuentran, el uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en desarrollo nacional, así con la satisfacción de las necesidades de actuales y futuras generaciones” (29).

Se ha venido hablando en los últimos años del problema de la contaminación y escases del recurso hídrico en nuestro planeta, este recurso vital para la vida viene siendo contaminada. La presente ley, hace mención de 11 principios que ponen en resumen el valor del agua, acceso a ella, participación de los usuarios y la cultura del agua en este trabajo de investigación.

#### **2.2.16. Norma Técnica de Edificación OS.090 Planta de Tratamiento de aguas residuales.**

“El reglamento Nacional de edificaciones aprobada mediante el Decreto Supremo N° 011-2006.VIVIENDA, en la cual se aprueba la norma técnica de edificaciones OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales, teniendo como principal objetivo normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales, asimismo determinar las instalaciones que requiere una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y los

procesos que debe tener las aguas residuales antes de ser vertida al cuerpo receptor o previo a su reutilización” (30) .

#### **2.2.17. Ley 28611 ley General del Ambiente**

“La ley N°28611 ley General del Ambiente Publicada el 15 de octubre de 2005, en el que describe el marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país” (31).

La contribución de la ley actual en nuestro trabajo de investigación, es conservar y dar uso eficiente al recurso hídrico, el rol del estado es gestionar el tratamiento de las aguas residuales domésticas y municipales, así como el compromiso de la sociedad en general en contribuir al uso equilibrado y de calidad promoviendo los servicios de saneamiento.

#### **2.2.18. Plan nacional de acción ambiental (PLANNA)-Perú 2011-2021**

“El Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) - Perú 2011-2021 aprobado por D.S. 014.2011-MINAM el 9 de julio de 2011 en el que busca orientar la gestión ambiental y el cumplimiento obligatorio por todas las entidades que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental-SNGA, en el gobierno nacional, regional y local. En el Plan Nacional de acción ambiental se tiene metas en materia ambiental, las cuales deben ser alcanzadas en los próximos diez años, para el tema de aguas residuales meta priorizada, [...]” (32).

El PLANAA, buscó alcanzar la meta del 100% de tratamiento de las aguas residuales, pero hasta la actualidad aún no se ha logrado cubrir la totalidad de tratamientos de aguas residuales urbanas, probablemente por no aplicar la metodología o estrategias planteadas en el PLANNA o la mala designación de los recursos económicos. Por ello es que se busca implementar este nuevo sistema eco amigable denominado System O)) tecnología innovadora, además de ser muy eficiente con el tiempo de

operación, lo cual busca optimizar el tratamiento de aguas residuales en cuanto a la diferencia significativa de niveles contaminantes.

### **2.3. Costos de la implantación del System O))**

Construcción y ejecución del proyecto de la PTAR Huaytire II: El esfuerzo entre Southern Perú y el centro poblado de Huaytire, representado por productores pecuarios, pobladores y autoridades locales, hizo posible la construcción de una PTAR en dicha jurisdicción, con recursos económicos del aporte voluntario de la empresa minera. El objetivo de la obra, es mantener buenos niveles en la calidad del agua, tanto en el acuífero subterráneo como en la laguna de Suches. La nueva infraestructura hídrica evita la entrada de aguas no tratadas, que antes estaban dispuestas en pozos superficiales, generando colapsos por su alto volumen y convirtiéndose en un foco infeccioso para la población aledaña. Los costos operativos de instalación y ejecución del proyecto ascienden a S/ 622,160.97

El proyecto consta de 4 componentes:

1. Obras de llegada (buzón de fibra de vidrio y tubería emisora de 200 mm).
2. Tratamiento preliminar (01 tanque de 3,000 litros de fibra de vidrio que funciona como desarenador y trampa de grasa).
3. Tratamiento primario (02 tanques de fibra de vidrio de 25,000 litros cada uno a modo de sedimentadores).
4. Tratamiento secundario (01 cámara del sistema canadiense Enviroseptic, distribuye el flujo de agua a las tuberías, para el tratamiento, almacenamiento y reutilización del recurso).

El System O)), está instalada en el tratamiento secundario y los costos operativos y costos de ejecución de la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II se encuentran en el (Anexo 2).

### **2.4. Metodología del funcionamiento del System O))**

La metodología del System O)), es un sistema pasivo que facilita la proliferación de bacterias responsables del tratamiento de aguas residuales y tiene 3 funciones: distribuir las aguas residuales de la fosa séptica de manera uniforme, tratar las aguas residuales e infiltrar el agua tratada en el medio ambiente. Es un sistema que tiene como ventaja un costo muy bajo de operación y mantenimiento, sin gasto de energía ni productos químicos, lo cual ofrece resultados positivos en el tratamiento de aguas



residuales y de esta manera recuperar las aguas para otros fines como riego de cultivos, parques y jardines.

El System O)), tiene una amplia gama de aplicaciones en el tratamiento e instalación en proyectos residenciales, industriales y mineros, gubernamentales. Es una solución ecológica que tiene dos principales componentes: el Advanced Enviro)) Septic y una capa de arena.

El System O)) tiene una vida útil de 20 años desde la puesta en marcha.

El funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales tiene el siguiente paso:

- a. El agua residual se evacúa a la fosa séptica.
- b. Las aguas tratadas se dirigen hacia las cámaras de distribución, esta sirve para asegurar la distribución óptima de aguas residuales hacia las filas de los conductos u otra cámara de distribución.
- c. Seguidamente las aguas se dirigen hacia los conductos de advanced enviro)) septic, estos productos están diseñados para distribuir, tratar y filtrar las aguas residuales en una sola etapa.
- d. Cuando las aguas están distribuidas en cada una de las filas, un proceso biológico se produce por el cual las bacterias aeróbicas y anaerobias tratan las aguas residuales.
- e. Las bacterias se adhieren en las paredes de los conductos, luego se alimentan de los contaminantes contenidos en el agua.
- f. El agua limpia y sana para el medio ambiente se filtra en la arena filtrante y se recolecta para su reúso o se devuelve a la naturaleza.

Los costos de la implementación del System O)) se encuentran en el (Anexo 2).

## 2.5. Definición de términos básicos.

**Contaminación:** “Cuando en un entorno ingresan elementos o sustancias que normalmente no deberían estar en él y que afectan el equilibrio del ecosistema” (33).

**Agua:** “El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan y la seguridad de la nación” (29).

**Afluente:** “Agua residual que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento” (28).

**Aguas residuales:** “Las aguas residuales son aguas de desechos provenientes de sistemas de alcantarillado, que contienen aguas de inodoros, cocinas, duchas y lavanderías. Las aguas residuales pueden clasificarse por el lugar de donde provienen” (34).

**Aguas servidas:** “Son aquellas aguas que provienen de usos domésticos como las lavanderías, duchas, cocinas, pero no contienen heces fecales” (34).

**Aguas negras:** “Son aquellas aguas que provienen de los inodoros y otros, que contienen heces fecales. Por ello, estas aguas son altamente peligrosas para la salud humana” (34).

**Caudal:** “Es la cantidad de agua residual que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo” (28).

**DQO (Demanda Química de Oxígeno):** “Es definido como la cantidad de oxidante que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumido es expresado en términos de su equivalente en oxígeno” (28).

**Efluente:** “Agua residual que sale de una planta o un proceso de tratamiento” (28).

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Método y alcance de la investigación**

#### **3.1.1. Método General**

El método de investigación que se utiliza es el método científico por seguir procedimientos y metodologías preestablecidas y planteadas según Hernández Sampieri (35), para narrar los fenómenos, situaciones la cual busca describir las características del afluente de las aguas residuales en este caso de la PTAR Huaytire II, en una línea de tiempo en el marco de la

observación. El método cuantitativo es para recolección de datos, informes y que estos sean sometidos a un análisis y se obtienen resultados objetivos.

### **3.1.2. Método específico**

El método específico utilizado es el cuantitativo descriptivo, el cual será aplicado en toda la investigación donde se evaluará las características y condiciones del efluente, si cumplen los límites máximos permisibles según lo que exige la norma peruana y así ver la eficiencia de la PTAR Huaytire II.

## **3.2. Alcances de la investigación**

### **3.2.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, porque se basa en resolver el problema del tratamiento de aguas residuales mediante la tecnología eco amigable para el medio ambiente que es el System O)) en la comunidad de Huaytire, Tacna a una altitud de 4700 m.s.n.m., evaluando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente de la PTAR Huaytire II, mediante la toma de muestras que son analizadas en un laboratorio obteniendo resultados esperados.

### **3.2.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación del presente proyecto es descriptivo, ya que busca responder a la única variable que serán los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar si hay eficiencia y si cumple con la normativa peruana para plantas de tratamiento de aguas residuales según los resultados.

### **3.2.3. Diseño de la investigación**

Según el diseño de la investigación es de tipo no experimental correlacional dado que se trabajará con el tiempo y la variable inventario no se verá alterada de ninguna manera.

## **3.3. Población y muestra**

### **3.3.1. Población**

La población de la investigación es la planta de tratamiento de aguas residuales Huaytire II, ubicado en el distrito de Huaytire, provincia de Candarave -Tacna.

### **3.3.2. Muestra**

Consiste en nuestra única unidad de estudio de muestreo que consta de la planta de tratamiento de aguas residuales Huaytire II del cual se realizará mediciones de los parámetros de estudio para una PTAR.

#### **Caudal**

El caudal diario que ingresa a la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II es de 0.46 L/s equivalente a 39.744 m<sup>3</sup>/día y el caudal del efluente con el tratamiento del System O)) de la PTAR Huaytire II es de 0.44 L/s equivalente a 38.016 m<sup>3</sup>/día, la muestra para cada parámetro es: aceites y grasas (500 ml), coliformes termotolerantes (1000 ml), DBO (1000 ml), DQO (500 ml), SST (500 ml).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas e instrumentos**

Las técnicas que se utilizaron para esta investigación fueron: la recolección de datos de la SUNASS en la cual describe la situación actual con respecto al tratamiento de aguas residuales domésticas y/o municipales en el Perú, así como un reconocimiento de los puntos de muestreo del afluente y efluente de la PTAR para la toma de muestra y la caracterización del agua residual antes que ingrese a la planta.

#### **3.4.2. Tipo de muestreo**

El tipo de muestra tomada fue la muestra simple ya que se realizó en un tiempo y lugar determinado de muestreo para su análisis individual, la cual representa la composición del agua original y única muestra para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se recogieron o fueron tomadas las muestras, este tipo de muestreo es utilizado para aguas residuales.

#### **3.4.3. Técnicas de toma de muestra**

##### **Desarrollo del monitoreo**

El Monitoreo se desarrolló según “Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA” por los laboratorios BHIOS LABORATORIO y CERPER las cuales están acreditados por la INACAL.

##### **a) Preparación de materiales y equipos**

Para iniciar con la toma de muestras se preparó anticipadamente los materiales a utilizar como formatos (etiquetas para las muestras del agua residual, registro de datos de campo y cadena de custodia).

#### **3.4.4. Materiales**

- GPS
- Ficha de registro de campo
- Cadena de custodia
- Frascos debidamente etiquetados
- Preservantes químicos para determinar el DQO, aceites y grasas, etc.
- Cooler
- Cuadernillo de campo
- Lapiceros
- Material de vidrio
- Cámara fotográfica
- Celular
- Reloj
- Balde
- Jarra de plástico de 2000 ml.
- Hielo
- Bolsas de poliburbujas
- Cronómetro
- Cinta métrica
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble
- Caja térmica pequeña
- Agua destilada

#### **3.4.5. Equipos de protección personal**

- Zapatos de seguridad
- Casco
- Mascarilla descartable
- Guantes de látex
- Mandil

### **Precauciones durante el monitoreo**

Las precauciones que se tuvieron en el desarrollo del monitoreo de los afluentes y efluentes de la PTAR Huaytire II, no presentaron inconveniencia ya que el acceso para la toma de muestras en ambos puntos fue accesible y no presentaba riesgo alguno.

### **Muestreo**

Siguiendo con el protocolo de monitoreo se tomó una muestra representativa del afluente y efluente de la PTAR Huaytire II, para cada uno de los parámetros a analizar.

Para ello se procedió de la siguiente forma:

- Ubicación del punto de monitoreo del afluente y efluente.
- Cuidados y acondicionamiento, Evitar partículas grandes en la toma de muestras, verificación de equipo antes de iniciar y registro de información de los parámetros de campo como pH y temperatura, además de la medición y registro de caudal. A fin de obtener la confiabilidad de los datos que se requiere.
- Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte (28).

## **3.5. Procedimientos**

### **3.5.1. Etapa de Pre-campo**

Nuestro trabajo de investigación inicia con el envío de una solicitud de autorización para realizar el trabajo de investigación a la empresa encargada actualmente ECOAGUA AMÉRICA representantes en Latinoamérica de DBO INTERNATIONAL, (Anexo N°3) empresa que se hizo cargo de la ejecución de la obra financiada por Southern Perú con la tecnología pasiva del System O)), una tecnología canadiense que se encarga de crear y aplicar soluciones innovadoras y eco amigables para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales en cualquier situación y lugar del mundo. Con la aceptación de la solicitud se procedió a la visita de campo (Anexo N°4)

### **3.5.2. Etapa de Campo**

Este trabajo de investigación se inició con el reconocimiento de la zona donde se encuentra instalada la planta de tratamiento de aguas residuales de

Huaytire II, comunidad de Huaytire - Tacna, (Anexo N°5), conjuntamente con el especialista de la tecnología del System O)) y con el encargado de la operación y mantenimiento de dicha PTAR, seguidamente se procede a la identificación de los puntos de muestreo que son el afluente (entrada) y el efluente (salida) (Anexo N° 6), la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II, consta de cuatro componentes como obras de llegada (buzón de fibra de vidrio y tubería emisora de 200 mm), tratamiento preliminar (un tanque de 3,000 litros de fibra de vidrio que funciona como desarenador y trampa de grasa) ( Anexo N° 7), tratamiento primario (dos tanques de fibra de vidrio, de 25,000 litros cada uno, a modo de sedimentadores) (Anexo N° 8) y el tratamiento secundario (una cámara del sistema canadiense Enviroseptic, distribuye el flujo de agua a las tuberías, para el tratamiento, almacenamiento y reutilización del recurso) (Anexo N° 9).

Cuando se realiza el monitoreo de un punto del afluente por preferencia debe ubicarse en una zona donde nos evitemos interferencias con sólidos de gran tamaño, que en realidad es el tratamiento primario que básicamente evita la separación de los sólidos ya mencionados bajo diferentes procesos, por ello se inicia con una caracterización, luego se procede con la preparación de muestreo, materiales y equipos para la toma de muestras en los cuales se añadió un preservante a la muestra del DQO, aceites y grasas 20 y 40 gotas de ácido sulfúrico respectivamente, seguidamente el llenado de cadena de custodia, coordinación para el transporte de las muestras tal como indica el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales determinado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

El tipo de muestreo realizado es simple ya que se realiza una muestra puntual e individual en un recipiente, considerando los parámetros a ensayar en el laboratorio.

Las visitas de campo que se hicieron para realizar la evaluación de la calidad del efluente mediante la toma de muestras fueron de 4 visitas con un costo promedio de S/1720.00 soles, cada punto de muestreo incluidos los gastos del transporte y laboratorio que detalladamente se muestra en la Tabla 2. La primera y la única muestra del afluente (entrada) fue realizada el 3 de marzo

de 2021 por el laboratorio de BHIOS LABORATORIOS (Anexo N°10) la primera muestra del efluente (salida) de la PTAR fue tomada el mismo día 3 de marzo del 2021 sin ningún inconveniente por el mismo laboratorio BHIOS LABORATORIOS (Anexo N°11) la segunda fecha de monitoreo de recolección de toma de muestra fue el 5 de mayo del 2021 por el laboratorio CERPER Certificaciones del Perú S.A.( Anexo N°12), donde se realizaron muestras de los parámetros del efluente (salida) de la PTAR, de la misma forma se realizaron las muestras en la tercera el 29 de junio del 2021 (Anexo N°13) y última visita con el mismo laboratorio el 12 de agosto del 2021 (Anexo N°14) en los análisis de datos emplearemos el método descriptivo con la finalidad de que nuestros resultados sean confiables y objetivos.

**Tabla 3:** *costo de cada visita*

<b>Visitas</b>	<b>Fecha en la que se realizó la visita</b>	<b>Laboratorio en la que se realizó la muestra</b>	<b>Costo de la visita incluida el laboratorio</b>
<b>Primera visita</b>	3/03/2021	BHIOS LABORATORIOS	S/ 3,200.00
<b>Segunda visita</b>	5/05/2021	CERPER	S/ 1,800.00
<b>Tercera visita</b>	29/06/2021	CERPER	S/ 1,800.00
<b>Cuarta visita</b>	12/08/2021	CERPER	S/ 1,800.00
<b>Total</b>			<b>S/ 8,600.00</b>

**Nota:** *costo de las visitas a la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II para la toma de muestras, incluida el costo de laboratorio.*

La planta de tratamiento de agua residual está ubicada en el centro poblado de Huaytire provincia de Candarave y departamento de Tacna.

**Figura 1:** *ubicación de la comunidad de Huaytire donde se encuentra la planta de tratamiento de agua residual. tomada de Google earth, 2018.*





Fuente: <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Las coordenadas de la zona se muestran en la siguiente tabla

**Tabla 4:** *coordenadas del centro poblado Huaytire*

Coordenadas UTM	
Sur	165317
Oeste	702227
Altitud	4477 m.s.n.m.

### 3.5.3. Etapa de Laboratorio

Para dar inicio al análisis en el laboratorio, se tomaron las muestras correspondientes en los puntos de muestreo como indica el protocolo para efluentes de una PTAR, de las cuales se llegaron a analizar los siete parámetros y para cada una de ellos se utilizaron la metodología correspondiente según el laboratorio CERPER.

- **Aceites y grasas:** se utilizó los métodos estándar para el examen de aguas y aguas residuales Método EPA 1664. revisión B.2010n. Material extraíble

con hexano (HEM: aceite y grasa) y material extraíble con n-hexano tratado con gel de sílice (SGT-HEM; material no polar) por extracción y gravimetría.

- **En Coliformes Termotolerantes:** se utilizó los métodos estándar para el examen de aguas y aguas residuales SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 9221 E1, 23a edición de 2017. Técnica de fermentación de tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes. Procedimiento de coliformes termotolerantes (fecales), prueba de coliformes termotolerantes (Medio Ec).
- **Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 5210B, 23 a edición de 2017. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), prueba de DBO de 5 días.
- **Para la Demanda Química de Oxígeno:** fue el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 5220 D, 23 a edición de 2017. Demanda Química de Oxígeno (DQO), reflujo curado, método colorimétrico.
- **En caso del Ph:** es SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 4500-H + B, 23a edición de 2017. valor de pH. método electrométrico.
- **Para los Sólidos Totales en Suspensión:** se utilizaron el método de SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 2540 D, 23a edición de 2017. Sólidos. sólidos suspendidos totales secados. A 103-105 ° C.
- **En el caso de la Temperatura:** fue como indica la Norma Técnica Peruana 214.050: 2013 Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua.

#### **3.5.4. Etapa de gabinete**

Al finalizar con la etapa de laboratorio se dio inicio al proceso de los resultados obtenidos de cada muestra, se analizaron los datos a través del análisis estadístico descriptivo y gráficos para una mejor presentación de resultados, discusión y llegar a cumplir con nuestros objetivos planteados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

##### I. Parámetros evaluados del afluente de la PTAR Huaytire II

Se presentan los resultados de los parámetros evaluados del afluente de la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II, donde se puede observar los valores que se obtuvieron en las muestras realizadas, los resultados indican que sobrepasan los LMP's.

**Tabla 5:** *Coordenadas UTM del afluente*

Coordenadas UTM del Afluente	
<b>Sur</b>	0353642
<b>Oeste</b>	8132295
<b>Altitud</b>	4474 m.s.n.m.

**Tabla 6:** resultados de los parámetros evaluados del afluente.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor LMP</b>	<b>Valor Afluente</b>	<b>Método</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	20	46.9	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales APHA-AWWA-WEF. Parte 2000 Método 2510-B Conductividad. Método de laboratorio. 23 <sup>a</sup> Ed. 2017.
<b>Coliformes termotolerantes</b>	NMP/100ml	10000	17000000	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales APHA-AWWA-WEF Parte 9000. 9221-E Técnica de fermentación de tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes: Procedimiento de coliformes fecales. 23 <sup>a</sup> Ed. 2017.
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	mg/l	100	372	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales APHA-AWWA-WEF Parte 5000. 5210-B Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Prueba de DBO de 5 días. 23 <sup>a</sup> Ed. 2017.
<b>Demanda química de oxígeno</b>	mg/l	200	471	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales APHA-AWWA-WEF. Parte 5000 Método 5220 D Demanda química de oxígeno (DQO). Reflujo cerrado, método colorimétrico. 23 <sup>a</sup> Ed. 2017.
<b>pH</b>	U de pH	6.5-8.5	7.4	Agencia de Protección Ambiental. Método 150.1. pH (electrométrico). 1999
<b>Sólidos totales en suspensión</b>	mg/l	150	102	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales APHA-AWWA-WEF. Parte 2000. Método 2540-D. Sólidos. Sólidos suspendidos totales secados a 103-105°C. 23 <sup>a</sup> Ed. 2017.
<b>Temperatura</b>	°C	<35	11.2	Norma Técnica Peruana 214.050: 2013 Calidad de agua. Determinación de la temperatura en agua.

## II. Parámetros del efluente evaluados en la PTAR Huaytire II.

En el análisis de las muestras según la normativa ambiental peruana, se exige el cumplimiento de los límites máximos permisibles para los efluentes en una planta de tratamiento de agua residual, de lo cual tendremos como línea base los parámetros del D.S. 003-2010-MINAM donde señala los LMP's para los efluentes de una PTARD con el fin de mostrar las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos que no se excedan ya que esto puede causar daños en la salud y al medio ambiente, por dicha razón se exige el cumplimiento en todas las plantas de tratamiento de agua residual en el Perú.

**Tabla 7:** *coordenadas UTM del efluente.*

<b>Coordenadas UTM del Efluente</b>	
<b>Sur</b>	0353696
<b>Oeste</b>	8132247
<b>Altitud</b>	4464 m.s.n.m.

**Tabla 8:** resultados de los parámetros evaluados del efluente.

Parámetro	Unidad	Valor LMP	M1	M2	M3	M4	Método
			03/03/2021	05/05/2021	29/06/2021	12/08/2021	
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	20	1.8	2	<0.50	1	Método EPA 1664. revisión B. 2010 n. Material extraíble con hexano (HEM: aceite y grasa) y material extraíble con n-hexano tratado con gel de sílice (SGT-HEM; material no polar) por extracción y gravimetría.
<b>Coliformes termotolerantes</b>	NMP/100ml	10000	130000	4500	4500	7800	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 9221 E1, 23a edición de 2017. Técnica de fermentación de tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes. Procedimiento de coliformes termotolerantes (fecales). prueba de coliformes termotolerantes (Medio Ec)
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	mg/l	100	29	6.66	13.3	35.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 5210B, 23 a edición de 2017. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), prueba de DBO de 5 días.
<b>Demanda química de oxígeno</b>	mg/l	200	41	11.5	32.9	70.9	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 5220 D, 23 a edición de 2017. Demanda Química de Oxígeno (DQO), reflujo curado, método colorimétrico.
<b>pH</b>	U de pH	6.5-8.5	6.4	8.52	8.7	6.55	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 4500-H + B, 23a edición de 2017. valor de pH. método electrométrico.

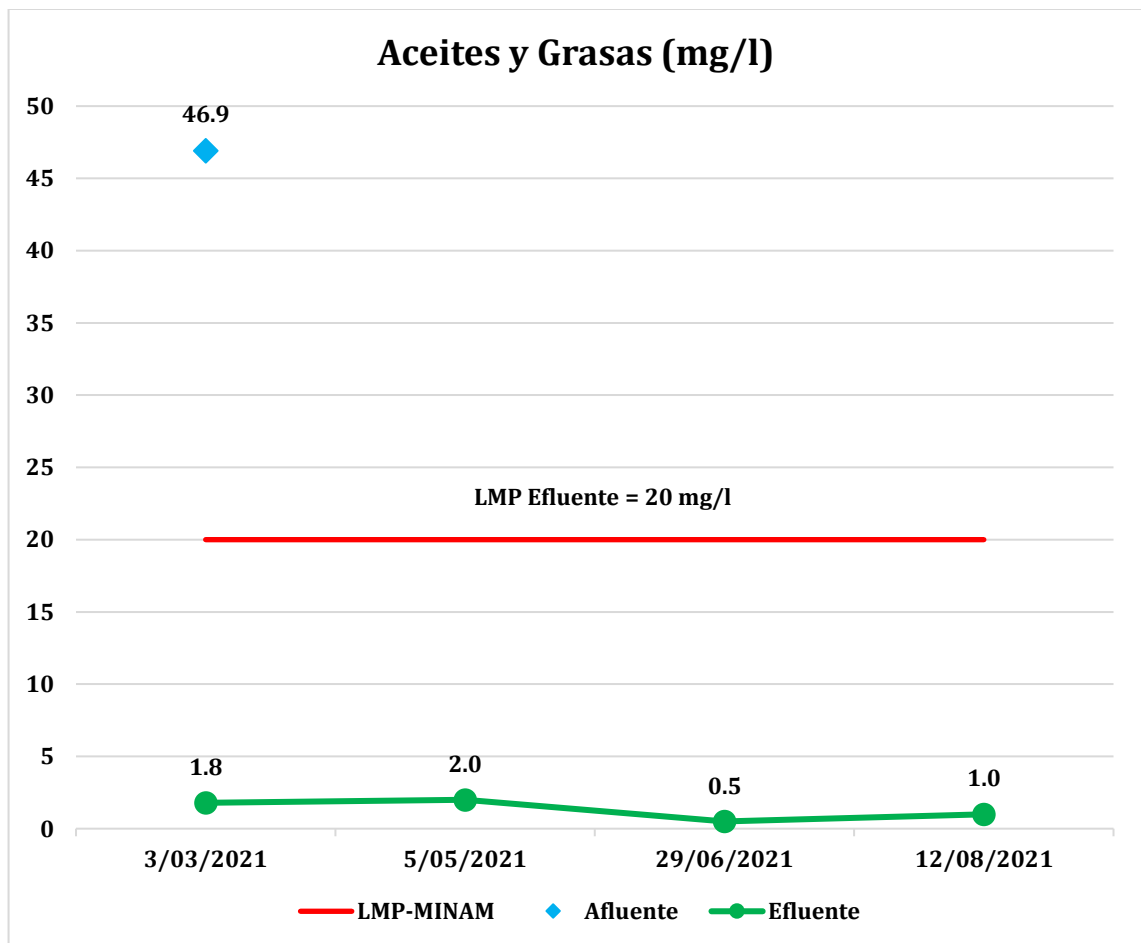
<b>Sólidos totales en suspensión</b>	mg/l	150	2	59	17	72.1	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Parte 2540 D, 23a edición de 2017. Sólidos. sólidos suspendidos totales secados. A 103-105 ° C
<b>Temperatura</b>	°C	<35	11.3	25	25	25	Norma Técnica Peruana 214.050: 2013 Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua

#### 4.1.2. Análisis y comparación gráfica de los parámetros evaluados del afluente y efluente respecto a los LMP.

En la figura 2 se muestra el resultado según el mencionado decreto para efluentes de una PTAR.

##### 1) Análisis gráfico - Aceites y grasas

**Figura 2:** límites máximos permisibles para aceites y grasas.

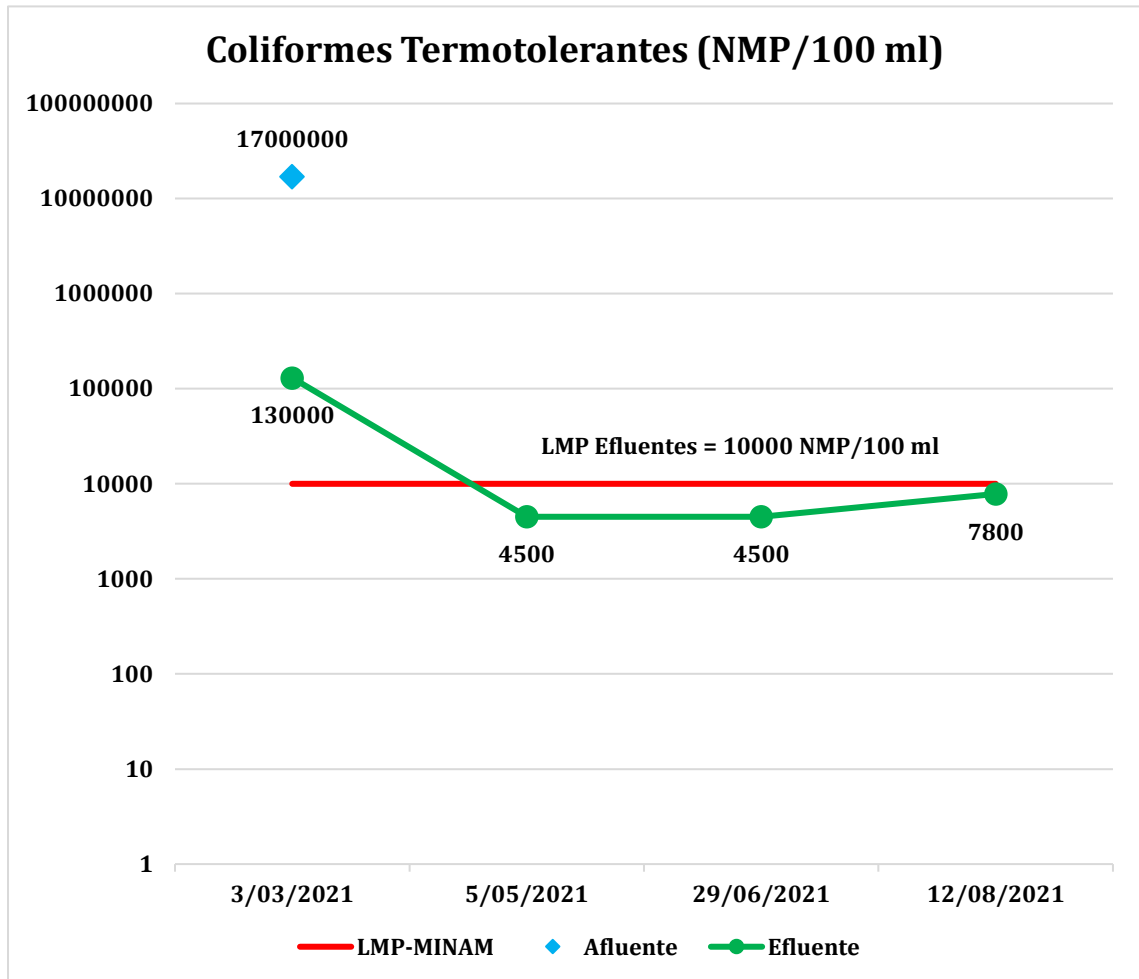


De la figura logramos deducir que, los resultados para aceites y grasas obtenidos en los meses de marzo, mayo, junio y agosto, se encuentran por debajo de los 20 mg/L que es el LMP permitido por el MINAM, dando cumplimiento con la normativa vigente y se observa la eficiencia de la tecnología aplicada del System O)).



## 2) Análisis gráfico – Coliformes termotolerantes

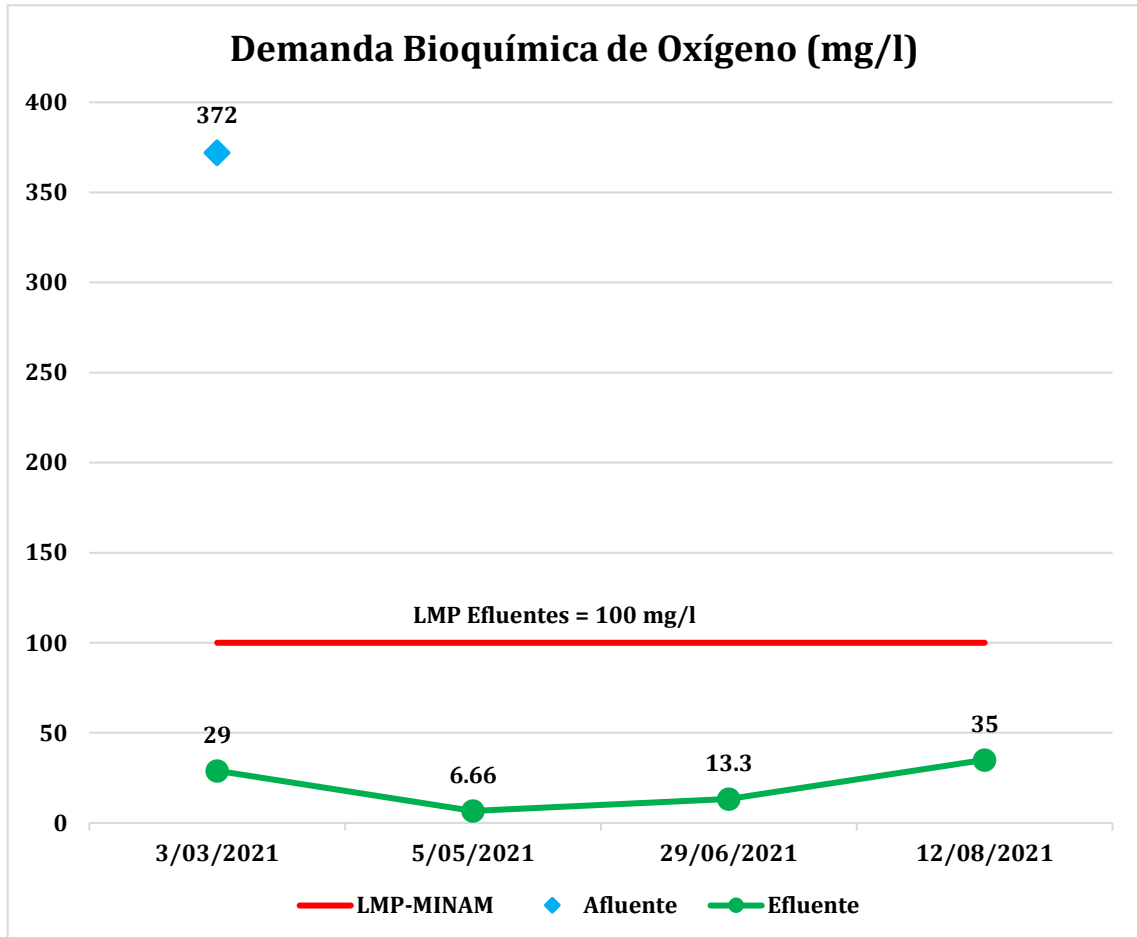
**Figura 3:** límites máximos permisibles para coliformes termotolerantes.



En la figura 3, se muestran los resultados de los coliformes termotolerantes del afluyente y efluente según los límites máximos permisibles para efluentes de las plantas de tratamiento de agua residual domésticas o municipales, donde se muestra el cumplimiento de la normativa vigente y se observa la eficiencia de la tecnología aplicada del System O)).

### 3) Análisis gráfico – Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

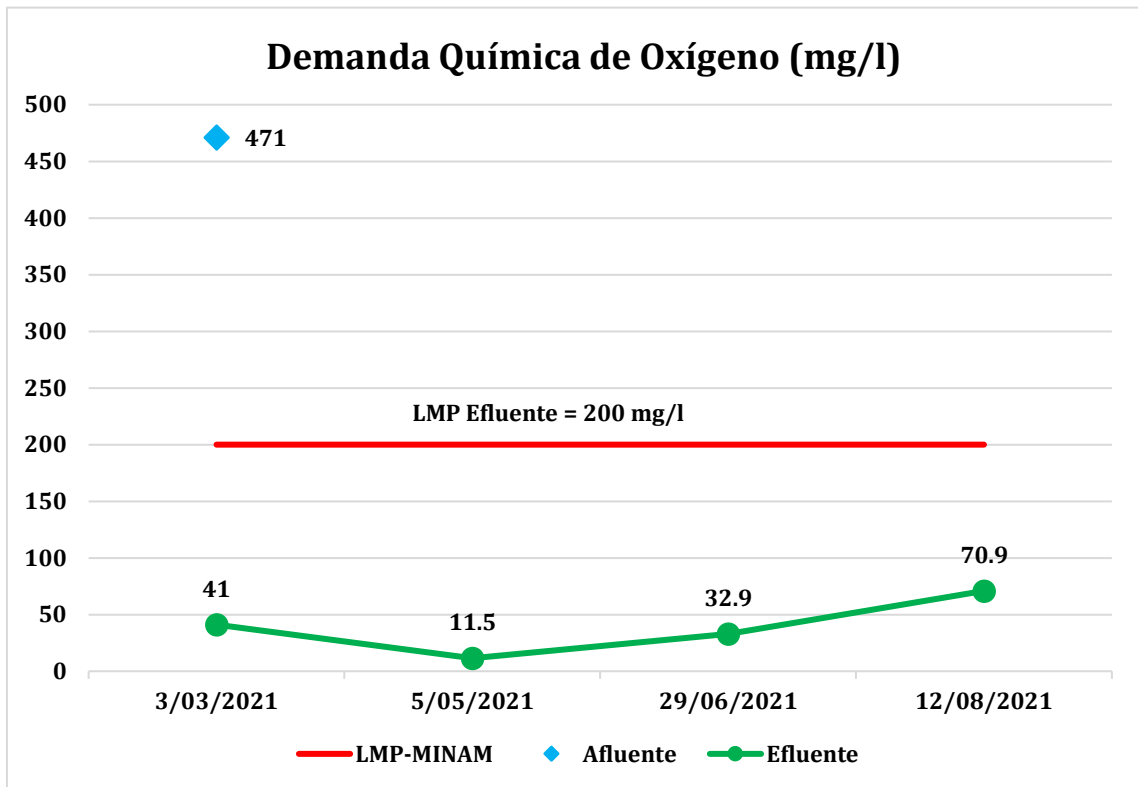
**Figura 4:** límites máximos permisibles para Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO).



Del gráfico logramos deducir que, los resultados para DBO obtenidos en los meses de marzo, mayo, junio y agosto, se encuentran por debajo de los 100 mg/l que es el LMP permitido por el MINAM, dando cumplimiento con la normativa vigente y se observa la eficiencia de la tecnología aplicada del System O)).

4) Análisis gráfico – Demanda Química de oxígeno (DQO)

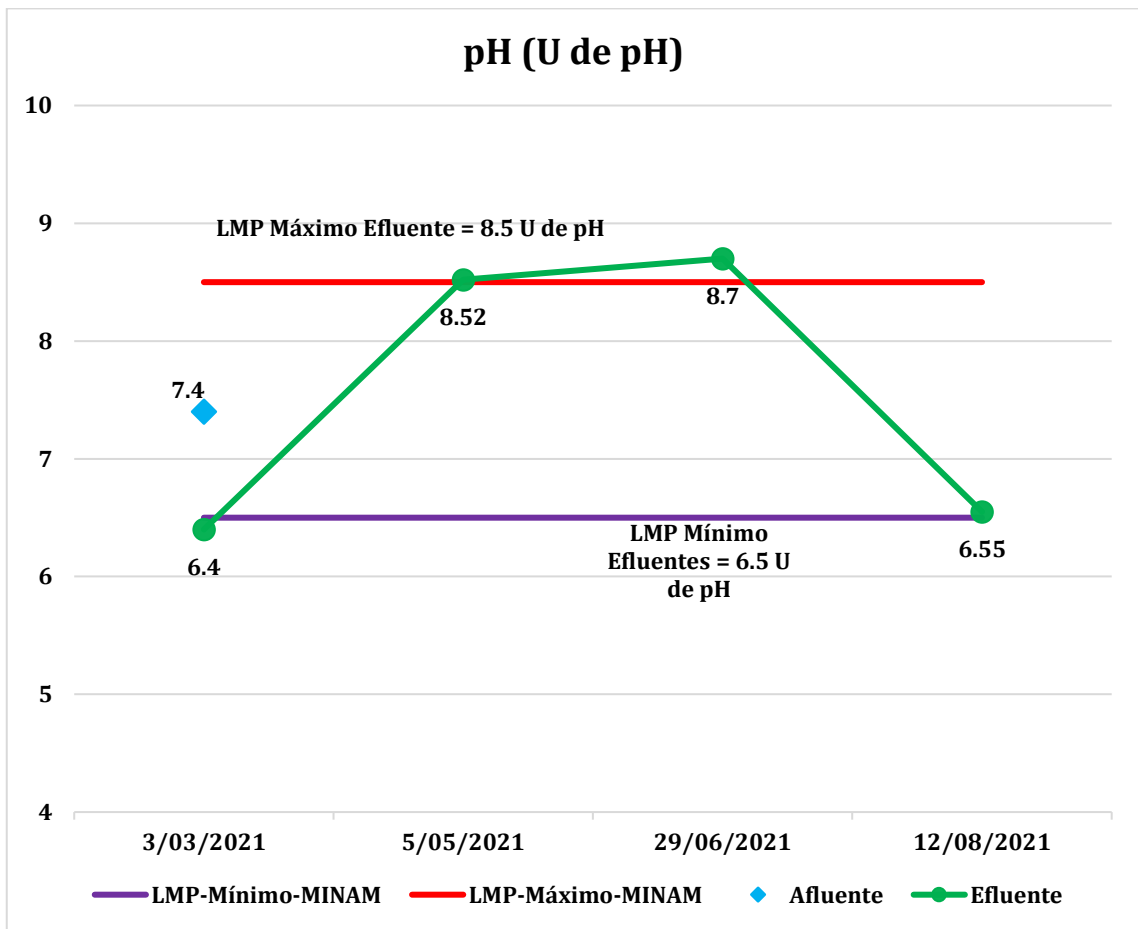
Figura 5: límites máximos permisibles para Demanda Química de oxígeno (DQO)



En el gráfico, se muestran los resultados del laboratorio para DQO obtenidos en los meses de marzo, mayo, junio y agosto, donde se encontraron muy por debajo de los 200 mg/l que es el LMP permitido por el MINAM, dando cumplimiento con la normativa vigente y se observa la eficiencia de la tecnología aplicada del System O)).

### 5) Análisis gráfico – Ph

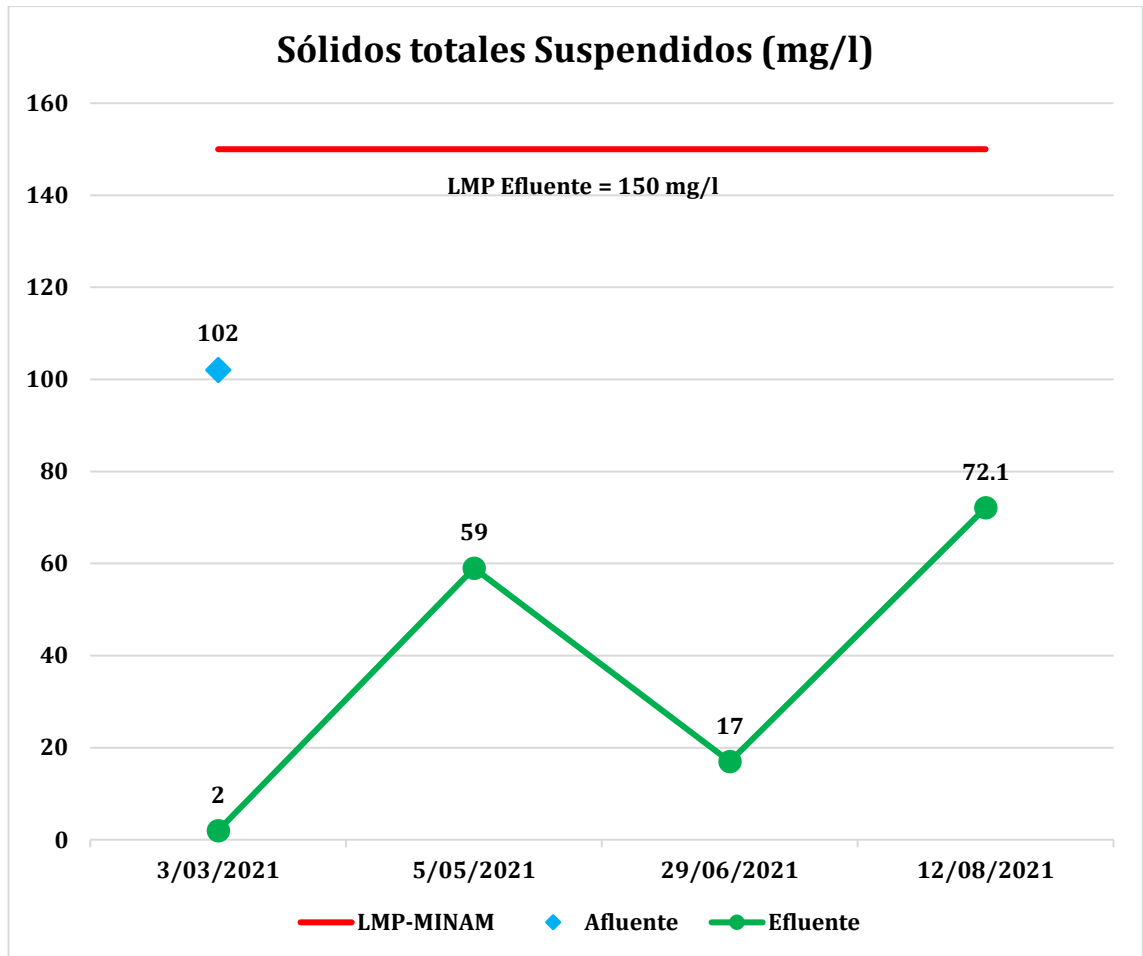
**Figura 6:** límite máximo permisible para pH



En el gráfico podemos deducir que, los resultados del laboratorio para pH obtenidos de marzo, mayo, junio y agosto, se encontraron variados en el rango de lo permitido, teniendo ya en agosto el parámetro en el rango de lo permitido por la norma impuesta por el MINAM, dando cumplimiento con la normativa vigente y se observa la eficiencia de la tecnología aplicada del System O)).

6) Análisis gráfico – Sólidos totales en suspensión

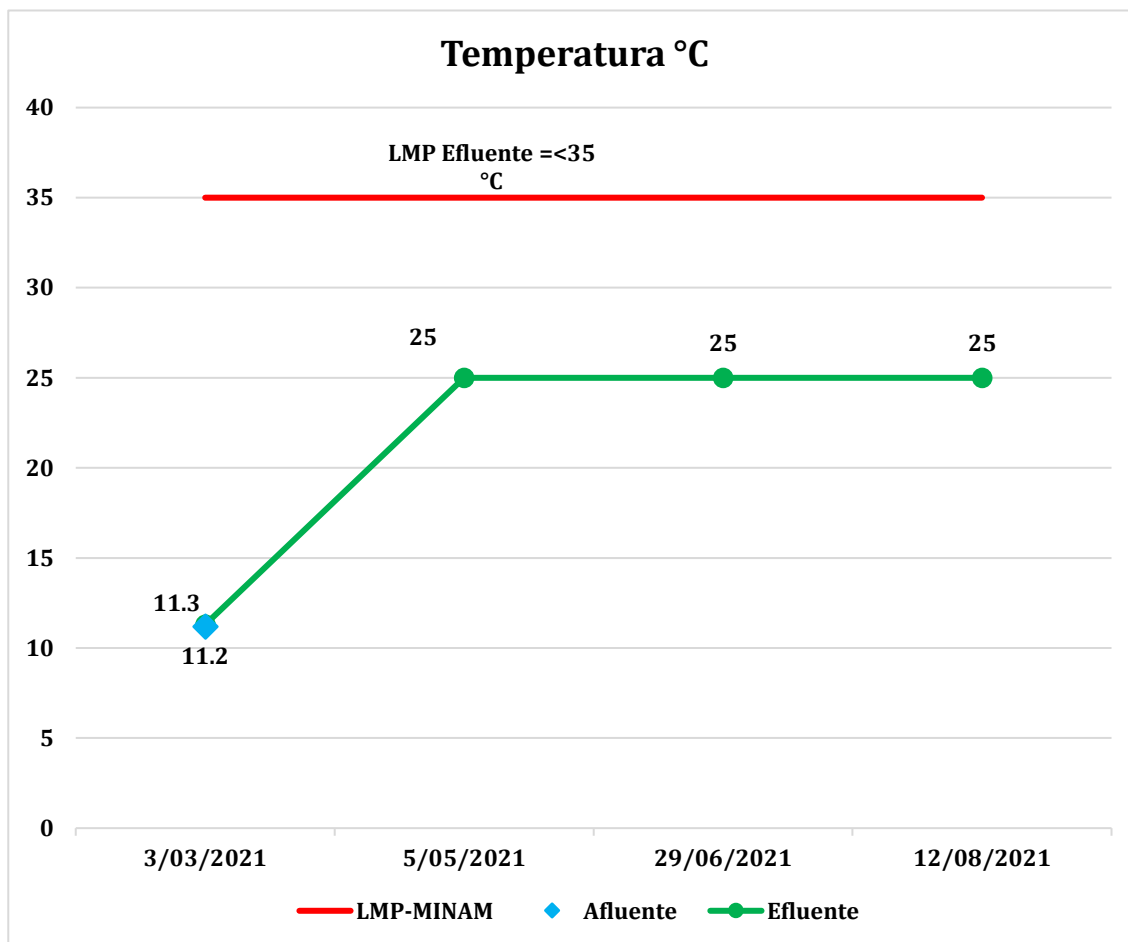
**Figura 7:** límite máximo permisible para sólidos totales en suspensión.



Del gráfico se muestra los resultados del laboratorio para SST obtenidos en los meses de marzo, mayo, junio y agosto, se encontraron muy por debajo de los 150 mg/l que es el LMP permitido por el MINAM, dando cumplimiento con la normativa vigente y se observa la eficiencia de la tecnología aplicada del System O)).

## 7) Análisis gráfico – Temperatura

**Figura 8:** *límite máximo permisible para Temperatura °C*



En el gráfico se muestran los resultados del laboratorio para temperatura obtenidos en los meses de marzo, mayo, junio agosto, donde se encontraron muy por debajo de los 35°C que es el LMP permitido por el MINAM para aguas residuales tratadas, dando cumplimiento con la normativa vigente y se observa la eficiencia de la tecnología aplicada del System O)).

### 4.1.3. Análisis del tiempo óptimo de tratamiento por los parámetros evaluados del efluente en la PTAR Huaytire II.

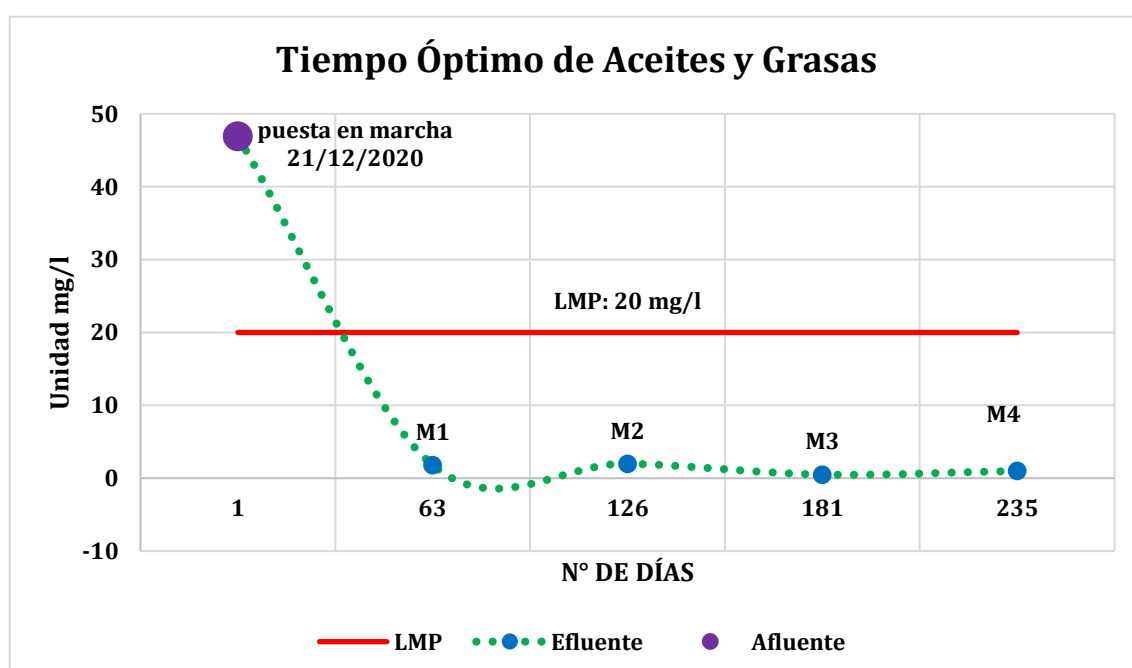
#### a. Para Aceites y Grasas

En cuanto al parámetro evaluado de aceites y grasas desde la puesta en marcha del proyecto con la instalación de la tecnología pasiva del System O)) el 21 de diciembre de 2020, teniendo el valor del afluente de 46.9 mg/l, entonces el tiempo óptimo fue después de 63 días, que se tomó la primera muestra del efluente el 3 de marzo de 2021 la cual tiene un valor de 1.8 mg/l, podemos decir que el tiempo óptimo para aceites y grasas es de 63 días después de puesta en marcha, a pesar de estar instalada a una altitud de 4700 m.s.n.m. tal como indica la siguiente tabla.

**Tabla 9:** resultados de aceites y grasas según el tiempo en el que se tomó la muestra.

Parámetro	Und.	LMP	Afluente		Efluente		
			M1-A	M1	M2	M3	M4
			21/12/20	3/03/21	5/05/21	29/06/21	12/08/21
			Puesta en marcha	63 días	126 días	181 días	235 días
Aceites y grasas	mg/l	20	46.9	1.8	2	<0.50	1

**Figura 9:** tiempo óptimo de aceites y grasas



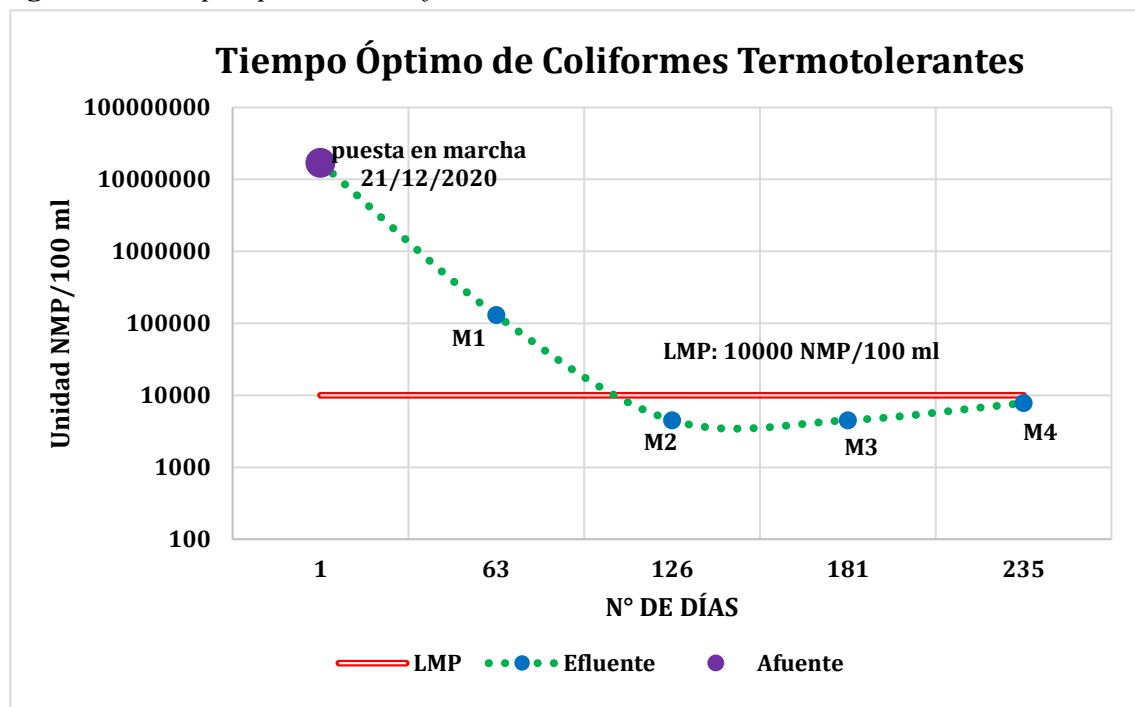
**b. Para Coliformes Termotolerantes**

El segundo parámetro evaluado fueron los coliformes termotolerantes donde muestra que el tiempo óptimo para llegar a cumplir o satisfacer desde la puesta en marcha de la tecnología pasiva del System O)) el 21 de diciembre de 2020, con un afluente de  $17 * 10^6 \frac{NMP}{100 ml}$  y el tiempo óptimo es de 126 días la cual corresponde a la segunda muestra tomada para la evaluación correspondiente al cinco de mayo de 2021 donde se obtiene un resultado de  $4500 \frac{NMP}{100 ml}$  por lo tanto, se alcanzó el tiempo óptimo a los 126 días después de la puesta en marcha del System O)), tal como indica en la siguiente tabla.

**Tabla 10:** resultado de coliformes termotolerantes según el tiempo en el que se tomó la muestra.

Parámetro	Und.	LMP	Afluente		Efluente		
			M1-A	M1	M2	M3	M4
			21/12/20	3/03/21	5/05/21	29/06/21	12/08/21
			Puesta en marcha	63 días	126 días	181 días	235 días
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10000	17000000	130000	4500	4500	7800

**Figura 10:** tiempo óptimo de coliformes termotolerantes.





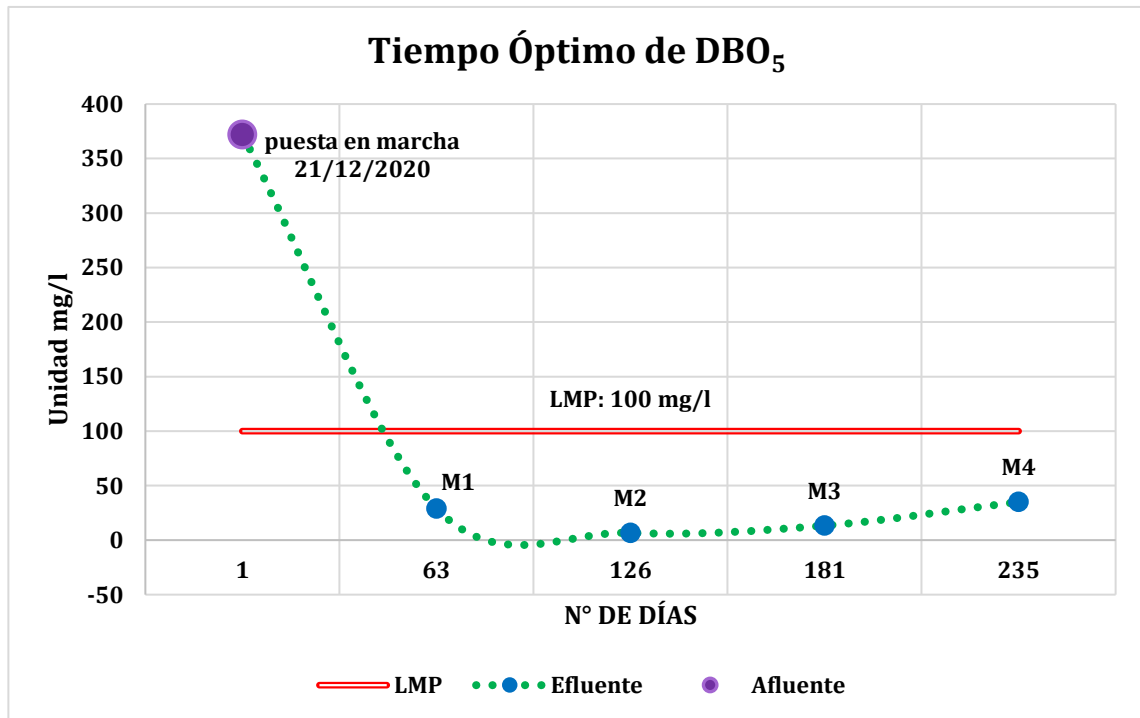
c. Para Demanda Bioquímica de Oxígeno

El tercer parámetro evaluado es la demanda bioquímica de oxígeno, desde la puesta en marcha de la tecnología pasiva del System O)) el 21 diciembre de 2020, teniendo un afluente de 372 mg/l, el tiempo transcurrido para la primera muestra fue el 3 de marzo de 2021 la cual se concluye con un tiempo óptimo de 63 días con un valor del efluente de 29 mg/l, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 11:** resultado de la demanda bioquímica de oxígeno según el tiempo en el que se tomó la muestra.

Parámetro	Und.	LMP	Afluente		Efluente		
			M1-A	M1	M2	M3	M4
			21/12/20	3/03/21	5/05/21	29/06/21	12/08/21
			Puesta en marcha	63 días	126 días	181 días	235 días
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	100	372	29	6.66	13.3	35

**Figura 11:** tiempo óptimo de DBO<sub>5</sub>



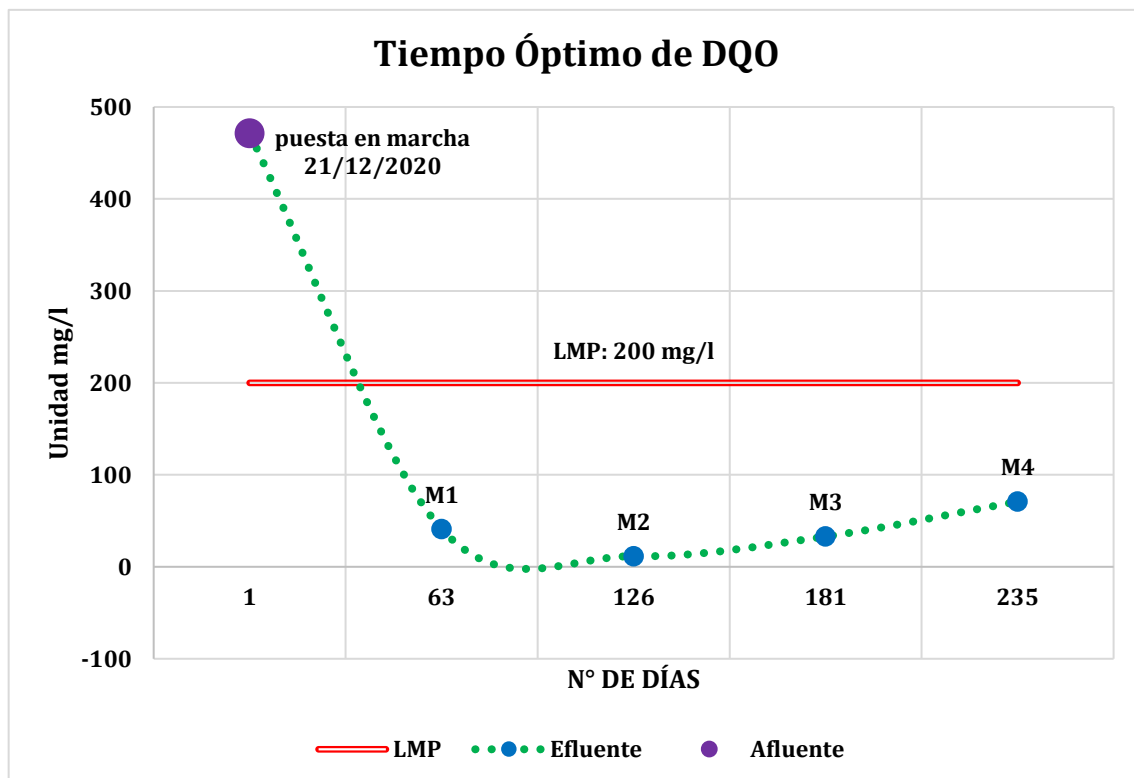
d. Para demanda química de oxígeno.

La demanda química de oxígeno, uno de los parámetros evaluados desde la puesta en marcha de la tecnología pasiva del System O)) el 21 diciembre de 2020, teniendo un afluente de 471 mg/l, el tiempo transcurrido para la primera muestra fue el 3 de marzo de 2021 la cual se concluye con un tiempo óptimo de 63 días con un valor del efluente de 41 mg/l, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12:** resultado de la demanda química de oxígeno según el tiempo en el que se tomó la muestra.

Parámetro	Und.	LMP	Afluente		Efluente		
			M1-A	M1	M2	M3	M4
			21/12/20	3/03/21	5/05/21	29/06/21	12/08/21
			Puesta en marcha	63 días	126 días	181 días	235 días
<b>DQO</b>	mg/l	200	471	41	11.5	32.9	70.9

**Figura 12:** tiempo óptimo de DQO.



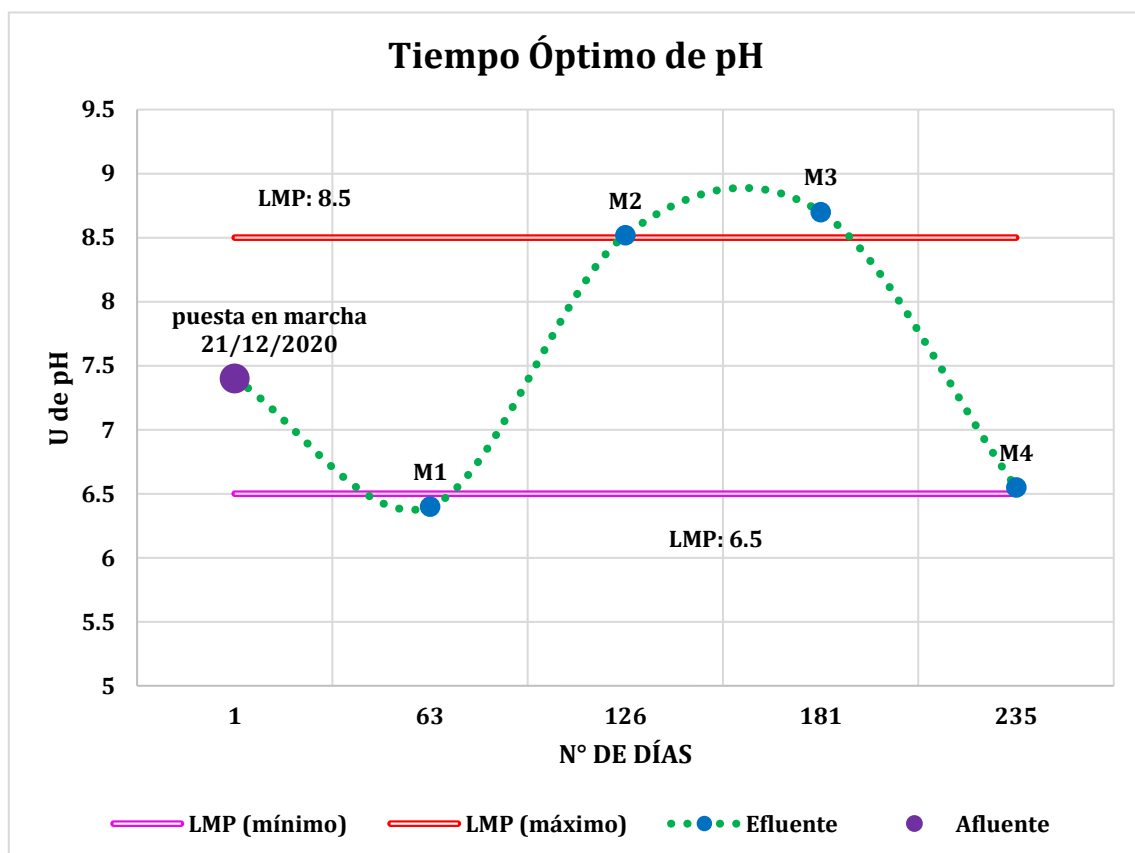
e. Para el pH.

El parámetro evaluado de pH desde la puesta en marcha de la tecnología pasiva del System O)) el 21 de diciembre de 2020, tuvo una variación mínima de 6.4 U de pH en la M1 y en la M4 con un valor de 6.55 U de pH la cual se concluye que el tiempo óptimo se tuvo a los 235 días, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 13:** resultados del pH según el tiempo en el que se tomó la muestra.

Parámetro	Und.	LMP	Afluente		Efluente		
			M1-A	M1	M2	M3	M4
			21/12/20	3/03/21	5/05/21	29/06/21	12/08/21
			Puesta en marcha	63 días	126 días	181 días	235 días
pH	U de pH	6.5-8.5	7.4	6.4	8.52	8.7	6.55

**Figura 13:** tiempo óptimo de pH.



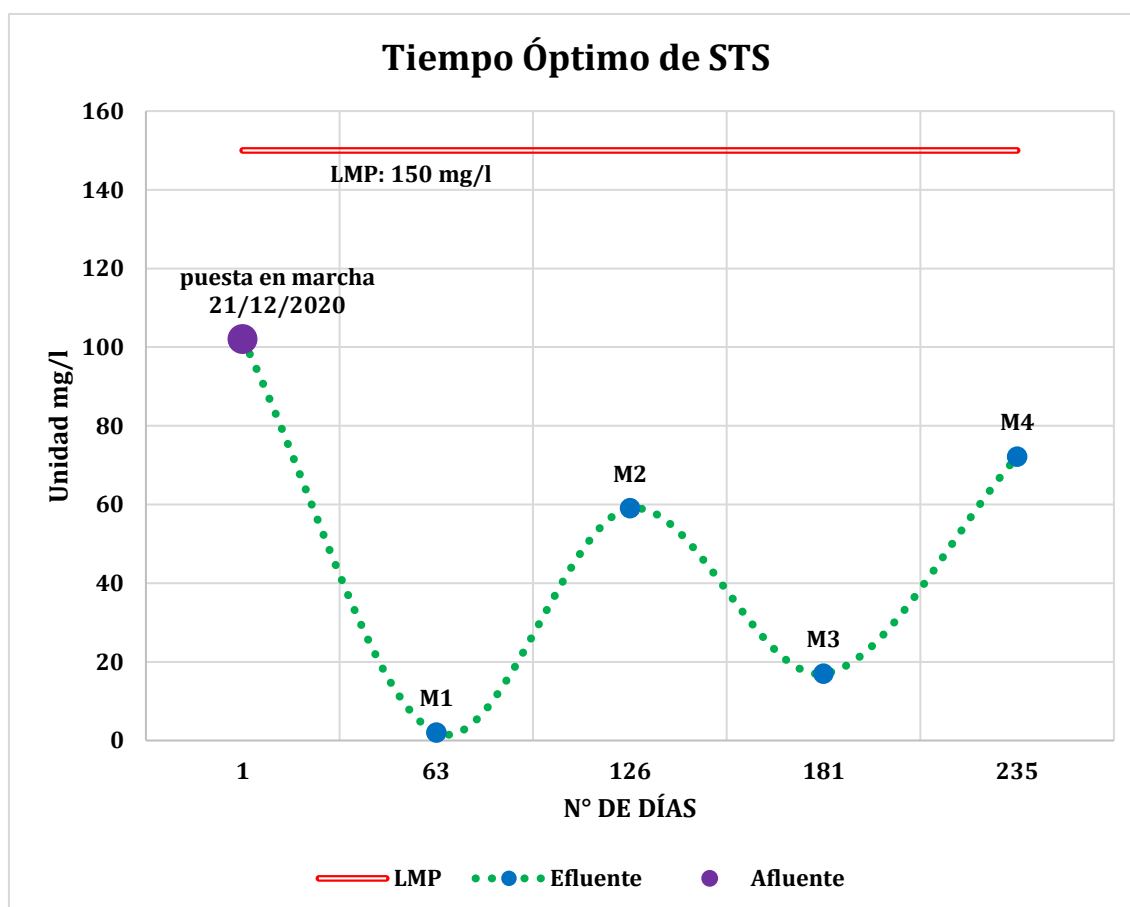
f. Sólidos totales en suspensión.

Los sólidos totales en suspensión es uno de los parámetros evaluados que cumple desde la puesta en marcha de la tecnología pasiva del System O)) el 21 de diciembre de 2020, teniendo el valor del afluente de 102 mg/l, entonces el tiempo óptimo fue después de 63 días, tal como indica la siguiente tabla.

**Tabla 14:** resultado de los sólidos totales en suspensión según el tiempo en el que se tomó la muestra.

Parámetro	Und.	LMP	Afluente		Efluente		
			M1-A	M1	M2	M3	M4
			21/12/20	3/03/21	5/05/21	29/06/21	12/08/21
			Puesta en marcha	63 días	126 días	181 días	235 días
STS	mg/l	150	102	2	59	17	72.1

**Figura 14:** tiempo óptimo de sólidos totales en suspensión.



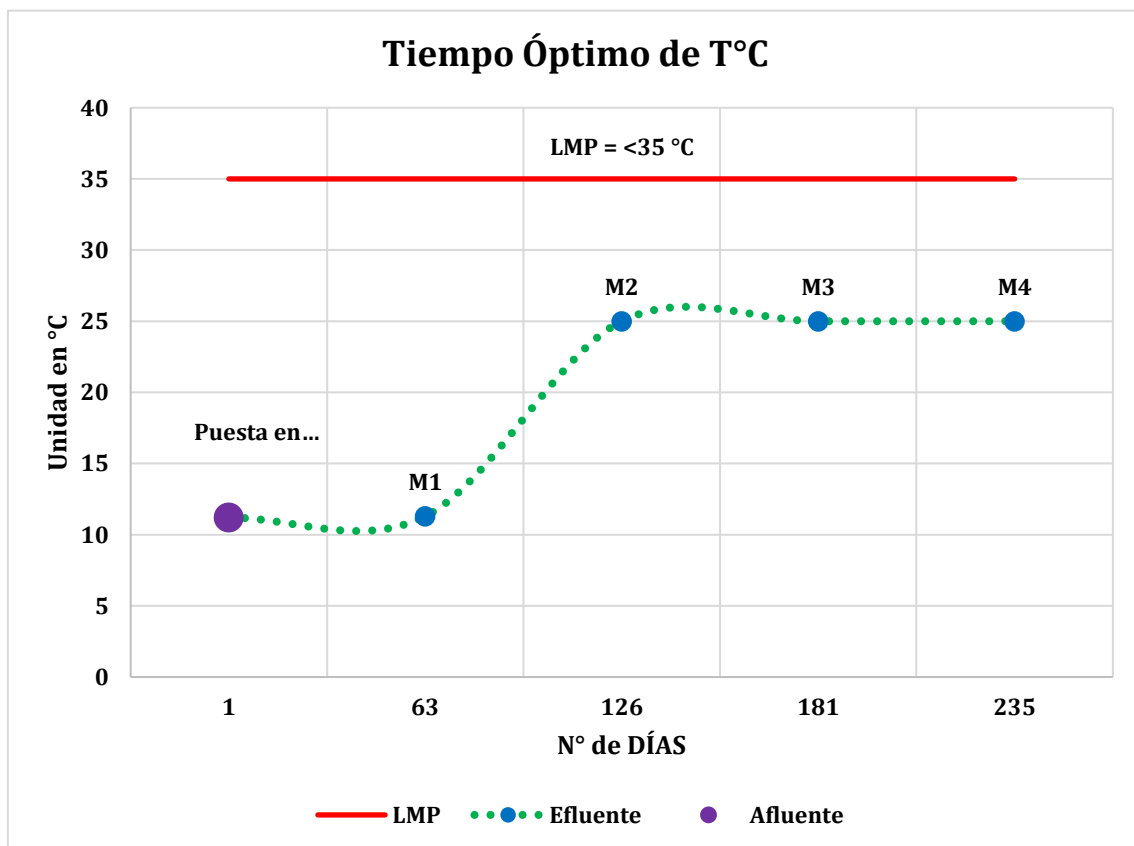
g. Para la Temperatura

En cuanto al parámetro evaluado de temperatura, cumple desde la puesta en marcha del proyecto con la instalación de la tecnología pasiva del System O)) el 21 de diciembre de 2020, ya que la altitud del lugar en donde se encuentra es a 4700 m.s.n.m. tal como observamos en la siguiente tabla.

**Tabla 15:** resultado de la temperatura según el tiempo en el que se tomó la muestra.

Parámetro	Und.	LMP	Afluente		Efluente		
			M1-A	M1	M2	M3	M4
			21/12/20	3/03/21	5/05/21	29/06/21	12/08/21
			Puesta en marcha	63 días	126 días	181 días	235 días
Temperatura	°C	<35	11.2	11.3	25	25	25

**Figura 15:** tiempo óptimo de temperatura.



#### 4.1.4. Determinación de la eficiencia de la PTAR Huaytire II con la tecnología del System O)).

Para establecer el porcentaje de remoción y la eficiencia requerida para el cumplimiento de los LMP`s en la planta de tratamiento de aguas residuales Huaytire II con el System O)), se tomó los datos de las muestras tomadas del afluente y efluente de la PTAR.

Para determinar la eficiencia requerida, se valora como la diferencia entre los valores de la concentración del sustrato a la entrada y salida de un proceso concreto o a la salida de una planta depuradora. El rendimiento se puede expresar tanto en términos porcentuales como absolutos, siendo CA la concentración del parámetro en el afluente y CE es la concentración en el efluente, la Eficiencia requerida (ER) del tratamiento de aguas residuales sería en términos porcentuales (36).

Para esta situación se usa la siguiente fórmula que es para determinar la remoción de la planta de tratamiento de agua residual.

$$ER(\%) = \frac{CA - CE}{CA} * 100$$

Donde:

ER: eficiencia requerida.

CA: concentración del parámetro del afluente.

CE: concentración de la sumatoria promedio del parámetro del efluente.

El System O)) tratamiento biológico, es una tecnología pasiva que permite el tratamiento y la reutilización de las aguas residuales, optimizado tecnológicamente, es 100% orgánico, autónomo, no consume fluido eléctrico, no es mecánico, no requiere de un mantenimiento continuo, no tiene olor, sin ruido, sin producto químico, sin vertido de lodos, sin sustitución de medios filtrantes. Se puede decir que es una solución eficaz, de forma ecológica, económica y duradera. System O)) ha recibido recientemente la famosa etiqueta Solar Impulse en octubre de 2020. Una certificación que se otorga a las soluciones más ecológicas y sostenibles en todo el mundo.

**Tabla 16:** resultado de la eficiencia de remoción.

Parámetro	Unidad	LMP	Afluente		Efluente			Eficiencia de remoción
			M1-A	M1	M2	M3	M4	
Aceites y grasas	mg/l	20	46.9	1.8	2	<0.50	1	97.44%
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10000	17000000	130000	4500	4500	7800	99.78%
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	100	372	29	6.66	13.3	35	94.35%
Demanda química de oxígeno	mg/l	200	471	41	11.5	32.9	70.9	91.70%
pH	U de pH	6.5 – 8.5	7.4	6.4	8.52	8.7	6.55	-
Sólidos totales en suspensión	mg/l	150	102	2	59	17	72.1	63.21%
Temperatura	°C	< 35	11.2	11.3	25	25	25	-

#### 4.1. Discusión de resultados

El trabajo planteado evalúa la eficiencia de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales Huaytire II en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna - 2021.

De acuerdo con los resultados de las muestras obtenidas por el laboratorio CERPER, se muestra una visible eficiencia del tratamiento de aguas residuales con el System O)), que al ser comparados con nuestro objetivo general que es evaluar la eficiencia de la PTAR Huaytire II mediante el System O)), tenemos los valores muy por debajo de los LMP. Es así que el porcentaje de remoción de aceites y grasas en el efluente tiene una eficiencia del 97.44%, en los coliformes termotolerantes la eficiencia de remoción llega a un 99.78%, de igual manera la demanda bioquímica de oxígeno tiene una eficiencia de remoción de 94.35%, en caso de la demanda química de oxígeno la eficiencia de remoción es de 91.70% y por último en los sólidos totales en suspensión la eficiencia es de 63.21% dado que este parámetro cumple con el LMP en el efluente.

A pesar de la altitud de los 4700 m.s.n.m donde está situada la PTAR Huaytire II, se tiene muy buenos resultados, por lo tanto podemos hacer una comparación de resultados con uno de nuestros antecedentes mencionados en el capítulo II, el proyecto de investigación: “Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma - AQUAFIL”, el cual está implementado a una altitud superior 4300 m.s.n.m., y que optimizando con Biocarries (biomasa) a sus tanques de lodos activados, la eficiencia de remoción de todos sus parámetros varían por el 82.31% (DQO) a 99.97% (CF), se obtuvo este resultado con una ampliación en el caudal del 40%, por lo tanto se puede ver al System O)) como uno de los sistemas alternativos eficientes y sostenibles, así como una alternativa de solución que se presenta por la falta de capacidad para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de tecnologías avanzadas, esta planta está instalada por debajo de la superficie lo cual permite el aprovechamiento del área superficial con fines agrícolas o área para uso recreativo.

Unos de los grandes problemas de las PTAR de nuestro país, respecto a su operación y mantenimiento son los recursos económicos necesarios para ejecutarlos. El System O)) en la PTAR Huaytire II, trabaja con un solo operario quien realiza las actividades de mantenimiento que no son tareas sofisticadas, más



que la limpieza de la cribas, a diferencia de las tecnologías avanzadas que requieren de elevados costos de operación y mantenimiento con resultados mucho más bajos a lo esperado, es por ello que este trabajo de investigación busca proponer como una de las alternativas de mejoras tecnológicas en el tratamiento de aguas residuales en nuestro país y más porque se ajusta a la realidad del país y así llegar a la cobertura universal de los servicios de agua potable y saneamiento en el ámbito urbano y rural de nuestro país, junto con ello dar paso al reúso de las aguas tratadas para fines agrícolas.

Otro de los beneficios del System O)), es que se tiene los resultados en corto tiempo, es decir los resultados de las muestras de los parámetros evaluados tenían concentraciones muy por debajo de los LMP's permitido por la noma MINAM , en los primeros muestreos después de la puesta en marcha de sistema de tratamiento del System O)) como el caso de los siguientes parámetros evaluados: Aceites y grasas con 1.8 mg/l ,DBO5 con 29 mg/l ,DQO con 41 mg/ y solidos totales en suspensión con 2 mg/l concentraciones que están por muy debajo de los permitidos, además de que con el pasar del tiempo el System O)) tiende a ser más eficiente en la remoción de los contaminantes debido a que tiene una cámara del sistema canadiense Enviroseptic, a diferencia de los demás sistemas de tratamiento de aguas residuales que llegan a colapsar por fallas en la construcción de la infraestructura, por ende siempre llega a la consecuencia de sobrecarga orgánica o hidráulica en el 50% de las PTAR.

#### **4.1.1. Evaluación de la eficiencia del System O)) en la disminución de aceites y grasas.**

La tecnología de tratamiento de aguas residuales del System O)), trabaja con un sistema de tuberías bioacelerantes lo que ayuda a la formación de colonias bacterianas, las mismas que asimilan los contaminantes, esta propiedad hace posible la disminución de los contaminantes de las aguas residuales y por ende estar muy por debajo de lo LMP. En la Tabla 8 se pueden observar los resultados de los valores inferiores de los aceites y grasas del efluente del Sistema teniendo valores de 1.8 mg/l, demostrando que si bien el valor del afluente tenía valores altos de 46,9 mg/l luego de la instalación y tratamiento con el System O)), se logró la disminución significativa de aceites y grasas. En comparación con uno de nuestros

antecedentes nacionales como el proyecto de investigación denominado “Determinación de la efectividad del sistema D.H.S. de cuarta generación como tratamiento secundario del efluente de tanque séptico para disminuir la DBO5, SST Y CF en la localidad de Marian – Independencia – Huaráz, 2016”, donde no se efectuó la remoción de aceites y grasas del efluente, y por ello superan los LMP. Por lo tanto, es muy recomendable este sistema para la remoción de aceites y grasas.

Finalmente, el límite máximo permisibles para aceites y grasas establecido mediante el Decreto Supremo N° 003 -2010 -MINAM es de 20 mg/l, haciendo una comparación los valores obtenidos del efluente de aceites y grasas están muy por debajo.

#### **4.1.2. Evaluación de la eficiencia del System O)) de coliformes termotolerantes.**

En general se evidenció la eficiencia de la remoción de coliformes termotolerantes con el System O)), los valores óptimos se obtuvieron a partir de la tercera muestra con 4500 NMP/100ml estando por debajo del límite máximo permisible que es de 10000 NMP/100ml con una eficiencia del 99.78% tal como se muestra en la (tabla 16), en 126 días después de la puesta en marcha del sistema. En comparación con los valores obtenidos del proyecto de investigación Según Reyes, en su trabajo de investigación titulado “Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma – AQUAFIL” el tratamiento que es efectiva a la misma altitud, el cual tuvo valores de 2100 NMP/100ml lo cual hace más efectiva la remoción de coliformes termotolerantes con este tratamiento.

Po último, el límite máximo permisible para coliformes termotolerantes establecido mediante el Decreto Supremo N° 003 -2010 -MINAM es de 10000 NMP/100ml, haciendo una comparación los valores obtenidos del efluente de coliformes termotolerantes están muy por debajo.

#### **4.1.3. Evaluación de la eficiencia del System O)) de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)**

Con respecto a la eficiencia en la remoción de DBO, tuvo valores muy por debajo desde la primera muestra del efluente llegando a tener el valor mínimo de 6.66 mg/l teniendo en cuenta que el LMP es 100mg/l, siendo así la eficiencia del 94.35% tal como se muestra en la (tabla 16) en tan solo 63 días desde la puesta en marcha del sistema, en comparación con los valores obtenidos en el proyecto de investigación de Reyes, titulado: “Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma – AQUAFIL”, donde los valores de Demanda bioquímica de oxígeno tienen de 36 mg/l a 21 mg/l valores que están por debajo de los LMP, pero la eficiencia del System O)) supera en eficiencia de remoción a diferencia de otros sistemas, teniendo un análisis de la relación del pH y el DBO cuando el pH tiende a ser alcalina por la presencia de la carga orgánica el DBO tiene valores menores tal como se muestra en la tabla 16.

Finalmente, el límite máximo permisible para DBO establecido mediante el Decreto Supremo 003 -2010 -MINAM es de 100mg/l, haciendo una comparación los valores obtenidos del efluente de DBO están muy por debajo.

#### **4.1.4. Evaluación de la eficiencia del System O)) de Demanda química de oxígeno (DQO)**

Con respecto a la eficiencia en la disminución de la DQO por nuestro sistema, se tiene valores de 41 mg /l teniendo en cuenta que los LMP son de 200 mg/l, siendo así la eficiencia del 91.70% tal como se muestra en la tabla 16, en tan solo 63 días desde la puesta en marcha del sistema. Concluyendo que la eficiencia de remoción es superior en comparación con los valores obtenidos en el proyecto de investigación de Reyes, titulado: “Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma – AQUAFIL”, donde sus valores obtenidos varían de 77 mg/l a 52 mg/l, si bien están por debajo de LMP, los del System O)) están superando los niveles de remoción.

Por último, el límite máximo permisible para DQO establecido mediante el Decreto Supremo 003 -2010 -MINAM es de 200mg/l, haciendo una comparación los valores obtenidos del efluente de DQO están muy por debajo.

#### **4.1.5. Evaluación de la eficiencia del System O)) de Sólidos totales en suspensión (SST).**

La eficiencia promedio en la remoción de SST obtenidas en el presente estudio fueron de 63.21% obteniendo en la primera muestra 2 mg/l valor inferior a los LMP tal como se muestra en la tabla 8, en tan solo 63 días desde la puesta en marcha del sistema, teniendo en cuenta la altitud en la que está ubicada la PTAR Huaytire II. En comparación con los valores obtenidos del proyecto de investigación de Reyes, titulado: “Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma - AQUAFIL” con concentraciones de 21 mg/l a 16 mg/l, valores que están por debajo de los LMP, sin embargo, los valores que superar el porcentaje de remoción es del System O)) en las mismas condiciones ambientales.

Finalmente, el límite máximo permisible para SST establecido mediante el Decreto Supremo 003 -2010 -MINAM es de 150 mg/l, haciendo una comparación los valores obtenidos del efluente de SST están muy por debajo.

## CONCLUSIONES

- La planta de tratamiento de agua residual de Huaytire II, con la instalación de la tecnología pasiva del System O)), alcanzó una eficiencia de 97.44 % en aceites y grasas, 99.78% en coliformes termotolerantes, 94.35% en demanda bioquímica de oxígeno, 91.70% en demanda química de oxígeno y 63.21% en sólidos totales de suspensión, lo que determina que la eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II es óptima a una altitud de 4700 m.s.n.m.
- Se determinó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente de la PTAR Huaytire II, provincia de Candarave - Tacna, donde se obtuvieron resultados para: aceites y grasas 46.9 mg/l, coliformes termotolerantes 17000000 NMP/100ml, DBO<sub>5</sub> 372 mg/l, DQO 471 mg/l, pH 7.4 U de pH, SST 102 mg/l y temperatura 11.2°C. de los cuales se puede deducir que los tres últimos parámetros se encuentran dentro de los LMP's. tal como se muestra en la tabla 6.
- Se determinó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de la PTAR Huaytire II, provincia de Candarave – Tacna, donde los parámetros evaluados del efluente cumplen con los LMP's tal como se muestra en la tabla 8. Se concluye que la tecnología aplicada del System O)) logra tener resultados óptimos en el tratamiento de aguas residuales.
- Se determinó el tiempo óptimo de tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el System O)) en la PTAR Huaytire II, en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave - Tacna, para aceites y grasas se obtuvo resultados muy por debajo de los LMP's desde la M1 a los 63 días desde la puesta en marcha tal como se muestra en la figura 9; en cuanto a los coliformes termotolerantes se obtuvo un resultado por debajo de los LMP en un tiempo óptimo de 126 días que corresponde a la M2 tal como se muestra en la figura 10; para DBO<sub>5</sub> se obtuvo resultados muy por debajo de los LMP's desde la M1 a los 63 días desde la puesta en marcha tal como se muestra en la figura 11; para DQO también se obtuvieron resultados muy por debajo de los LMP's en un tiempo óptimo de 63 días que corresponde a la M1, figura 12; en cuanto al parámetro del

pH desde la puesta en marcha del proyecto el tiempo óptimo se tuvo a los 235 días que corresponde a la M4 se puede ver en la figura 13; para SST los resultados se encuentran muy por debajo de los LMP's desde la M1 obtenidos en un tiempo óptimo de 63 días, ver la figura 14; por último, la T° desde la M1 cumple con el LMP's, en un tiempo óptimo de 63 días, ver figura 15. Dado ello se concluye que el System O)) es una tecnología ecológica y duradera que cumple con todos los parámetros establecidos según la ley para plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales y a una altitud de 4700 m.s.n.m. llegando hacer una alternativa de solución ecológica para el medio ambiente, ya que según los reportes de la SUNASS del 2016 las tecnologías convencionales no llegan a cumplir con la normativa vigente D.S. 003-2010- MINAM.

## RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta los resultados de las muestras en la cual se cumple con los parámetros exigidos por la norma peruana y se recomienda que se evalúe el reemplazo de las tecnologías convencionales por tecnologías alternativas.
- Según la Norma Técnica de Edificación OS. 090 se recomienda la instalación de un dispositivo de medición de caudal en el afluente de la PTAR.
- Se recomienda para el reúso de las aguas residuales tratadas para áreas verdes del System O)), realizar el monitoreo de los estándares de calidad ambiental a pesar que se tiene valores del efluente muy por debajo en cuanto a los LMP's y que con estos resultados se puede realizar el reúso de categoría 3 del ECA.
- En contribución a la sostenibilidad y sustentabilidad de la cantidad y calidad de aguas residuales en nuestro país se recomienda fomentar la implementación de sistemas alternativos como el System O)), tecnología que gracias a este trabajo de investigación se puede dar a conocer su nivel de eficiencia en la remoción de contaminantes, viable económicamente y sobre todo se ajusta a situaciones geográficas y diferencias de temperatura a nivel nacional. Se recomienda informar a la población sobre sus características eco amigables con el medio ambiente a nivel mundial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ZAMALLOA, Edmundo Motta. El Desafío de Huaytire, una Comunidad Altoandina. Tacna : Ciencia y Desarrollo, 1999. págs. 146-152.
2. LOOSE, Dirk. *Diagnostico De Las Plantas Detratmiento De Aguas Residuales En El Ambito De Operacion De Las Entidades Prestadoras De Servicio De Saneamiento*. Lima : Tarea Asociacion Grafica Educativa, 2015. 2015 16066.
3. BANCO MUNDIAL. *World Bank*. [En línea] El Grupo Banco Mundial, 20 de Marzo de 2020. [Citado el: 25 de Agosto de 2021.] <https://www.youtube.com/watch?v=Z4aI-B1y8EM..>
4. RODRIGUEZ, Diego J., y otros. *De Residuo A Recurso: Cambiando Paradigmas Para Intervenciones Mas Inteligentes Para La Gestion De Aguas Residuales En America Latina Y El Caribe*. Washinton : DC. @Banco Mundial, 2020. 33436.
5. GESTIÓN. *Mas De 7 Millones De Peruanos No Cuentan Con Agua Potable*. 2019.
6. MENDEZ VEGA, Juan Pablo y MARCHAN PEÑA, Jonny. *Diagnostico Situacional De Lsosistemas De Tratamiento De Aguas Residuales En Las Epss Del Perú Y Propuestas De Solucion*. Lima : R y F Publicaciones y Servicios S.A.C., 2008. 14631.
7. MORALES LEON, Juan Camilo. *Optimizacion De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas Nuevo Tambo, Ubicada En El Municipio De Tambo Departamento De Cauca Priorzada En La Subdireccion En El Patrimonio Ambiental*. Colombia : Universidad Autonoma De Cauca, 2020.
8. LARIOS MEOÑO, J. Fernando, GONZALES TARANCO, Carlos y MORALES OLIVARES, Yennyfer. *Las Aguas Residuales Y Sus Consecuencias En El Peru*. Lima : Saber Y Hacer Revista De La Facultad De Ingenieria De Usil, 2015. 23117613.
9. MATSUMOTO , Tsunao y SANCHEZ ORTIS, Ivan Andres. *Desempeño De La Planta De Tratamiento De Aguas Residaules De Sao Joao De Iracema(Brazil)*. Colombia : INGENIERIA, 2016. 0121-750X.



10. DURO RODRIGUEZ, José Manuel. *Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De Atotonilco, La Mayor Depuradora Del Mundo*. Mexico : DIALMET, 2014. 978-84-89670.
11. LAHORA RAMÓN, Virginia. *Infraestructura Sustentable: Las Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales*. Mexico : QUIVERA, 2010. 14058626.
12. BEJARANO NOVOA,, Maria Elizabeth y ESCOBAR CARBAJAL, Mauricio. *Eficiencia Del Uso De Microorganismos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Una Planta De Tratamiento De Agua Residual*. Colombia : Universidad De La Salle Unisalle, 2015. 2015-299.
13. CASTAÑEDA VILLANUEVA, Aldo Antonio y FLORES LÓPEZ, Hugo Ernesto. *Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas Mediante Plantas Macrófitas Típicas En Los Altos De Jalisco*. México : Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad, 2013. 2007-3607.
14. REYES ARAUJO, Wilyn. *Optimización del tratamiento de aguas residuales domesticas mediante la implementacion del sistema MBBR en la provincia de Caylloma-AQUAFIL*. Lima : Universidad Mayor de San Marcos, 2020. 2020.135.
15. PACUSH BORJA, Franco Gabriel y ARIAS HUERTA, Gyver Jhoel. *Determinación de la efectividad del sistema D.H.S. de cuarta generación como tratamiento de secundario del efluente del tanque septico para disminuir la DBO5,SST Y CF en la localidad de marian*. Ancash : Universidad nacional santiago anrunez de Mayolo, 2018. 2018.158.
16. MANOTUPA DUEÑAS, Luis Francisco y MURIEL ORTIZ, Jhunió Giovanni. *Propuesta de elaboración . Propuesta de elaboracion de una guía para el proceso de diseño en proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú*. Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2018.
17. AQUINO E, Pavel. *calidad del agua en el Perú retos y aportes para un agestion sostenible en aguas residuales* . Lima : sonimágenesdel peru S.C.R.L., 2017. 9786124210501.
18. CARRASCO P, Eilen y MILLONES A, Fernando A. *Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Provenientes Del Dren 3100 Del Distrito De*

- Pimentel Con El Método Ecológico De La Fitorremediación Utilizando Eichhornia Crassipes*. Lambayeque : Universidad Nacional Pedro Ruis Gallo, 2019.
19. CAUNA QUISPE, Carlos Eusebio. *Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Del Sector Arunta Para Reúso De Áreas Verdes Del Distrito De Tacna*. Arequipa, Perú : s.n., 2020. pág. 133.
  20. HUANACUNI LUPACA, Cesar. *Capacidad De Depuración De Aguas Residuales Domésticas Con Aplicación De Diferentes Tecnologías De Tratamiento Sostenibles Con Costos De Operación Y Mantenimiento Económicos Para Pequeñas Comunidades Descentralizadas En Tacna(Cono Sur)*. Tacna, Perú : s.n., 2019.
  21. GARCIA RODRIGUEZ, Manuel. *Biología y Geología*. España : Cenoposiciones.com, 2009.
  22. ISCH L, Edgar. *contaminación de las aguas y políticas para enfrentarlas*. ecuador : graphus® 322 7507, 2011. Vol. primera edición. 322 7507.
  23. MINAM. *D.S N° 003-2010-MINAM. Decreto Supremo que Aprueba Limites Máximos Permisibles para lo efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. [En línea] Normas Legales, 17 de Marzo de 2010. [Citado el: 16 de Septiembre de 2021.] <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>. 469446-6.
  24. Fibras y normas de colombia S.A.S. *Ingenieria En Agua. Blog Fibras Y Normas De Colombia S.A.S*. [En línea] Fibras Y Normas De Colombia, 2004. [Citado el: 2 de Septiembre de 2021.] <http://fibrasynormasdecolombia.com/procesos-de-agua-residuales-ptar-definicion-tipos-etapas-del-proceso-conclusiones/>.
  25. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU-DAES). Naciones Unidas. *Naciones Unidas*. [En línea] Naciones Unidas, 22 de Octubre de 2014. [Citado el: 07 de Septiembre de 2021.] <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.
  26. UNESCO. *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas*. Paris : UNESCO, 2017. 978-9233000582.
  27. DIGESA. *FICHAS TÉCNICAS DEL GRUPO DE USO*.

28. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. *R.M N° 2273-2013-VIVIENDA.[...]*. [En línea] Plataforma Digital Única Del Estado, 24 de Octubre de 2013. [Citado el: 16 de Septiembre de 2021.] <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/13762-273-2013-vivienda>.
29. MINAM. *Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos*. Lima : Diario Oficial El Peruano, 2009.
30. Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *D.S. N° 011.2006.VIVIENDA Aprobación de Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú : Diario El Peruano, 8 de mayo de 2006.
31. MINAM. *Ley N° 28611 ley General del Ambiente*. Lima, Perú : El Diario El Peruano, 15 de octubre de 2005.
32. —. *D.S.N°014-2014 PLANAA-PERÚ 2011-2021*. Lima, Perú : El Diario El Peruano, 9 de julio de 2011.
33. ORTEGA A, Santiago. Universidad EAFIT. *Universidad EAFIT*. [En línea] Universidad EAFIT, 13 de Febrero de 2018. [Citado el: 16 de Septiembre de 2021.] <https://www.eafit.edu.co/ninos/reddelaspreguntas/Paginas/que-es-la-contaminacion.aspx>.
34. ESPUCAL ESP. Empresa de servicios públicos de la calera. *procedimiento tratamiento de aguas residuales*. Colombia : espucal esp., 2016.
35. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNADEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodología de la Investigación*. México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 9781456223960.
36. GUTIÉRREZ GUZMÁN, Nelson, VALENCIA GRANADA, Eduardo y ARAGÓN CALDERÓN, Renso Alfredo. *EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO5 Y SS EN SEDIMENTADOR Y LECHO FILTRANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO DE CAFE (coffea arabica)*. Colombia : Colombia Forestal, 2014. 0120-0739.

# **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	VARIABLES	METODOLOGIA
<u>General:</u>	<u>General:</u>	<u>Antecedentes</u>	<u>Variables 1:</u>	<u>Tipo y Nivel de Investigación</u>
¿Cuál es la eficiencia de la PTAR Huaytire II mediante el System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna – 2021?	Evaluar la eficiencia de la PTAR Huaytire II mediante el System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna – 2021	(Tesis, Morales Juan, 2020) "Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) nuevo Tambo, ubicada en el municipio del Tambo, departamento del Cauca"	Eficiencia	Tipo de investigación: Aplicada
			Tipo: Dependiente	
			Dimensiones: Aceites y grasas	Nivel de investigación: Descriptivo
		(Tesis, Matsumoto Tsunao e Andrés Iván , 2016) en sus tesis titulada "Desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sao Joao de Iracema (Brazil)"	Coliformes termotolerantes	<u>Método General y Específico:</u>
			DBO5	
<u>Específicos:</u>	<u>Específicos:</u>		DQO	General: No Experimental
			pH	
¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual de la PTAR Huaytire II?	Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente y efluente del agua residual de la PTAR Huaytire II, provincia de	(Informe, SUNASS, 2016) en el informe titulado "Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de Servicio de saneamiento"	Temperatura	<u>Diseño de Investigación:</u>
			SST	
			Temperatura	No Experimental
			Indicadores	
			Comparación con los LMP's	-
			<u>Variables 2:</u>	<u>Población y muestra</u>

	Candarave, Tacna – 2021.			
¿Cómo comparar los LMP's respecto a los parámetros evaluados?	Analizar y comparar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos respecto a los Límites máximos permisibles (LMP), provincia de Candarave, Tacna – 2021.	(Tesis, Reyes Wilyn, 2020), en su investigación titulada "Optimización del tratamiento de aguas residuales domesticas mediante la implementacion del sistema MBBR en la provincia de Caylloma-AQUAFIL."	System O))	
			Tipo: Independiente	Población:
			Dimensiones: Tiempo	La población de la investigación es la planta de tratamiento de aguas residuales Huaytire II ubicado en el distrito de Huaytire, provincia de Candarave -Tacna.
			Indicadores	
		(Tesis, Cauna Carlos, 2020), en su investigación titulada "Sistema de tratamiento de aguas residuales del sector Arunta para reúso de áreas verdes del distrito de Tacna"	Comparación con los LMP's	
			Dimensiones: Tiempo	Muestra:
¿Cómo establecer el tiempo óptimo de tratamiento del System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna – 2021?	Analizar el tiempo óptimo de tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del System O)) en la comunidad de Huaytire, provincia de Candarave, Tacna – 2021.	(Tesis, Huamacuni Cesar, 2019), en su investigación titulada "Capacidad de depuración de aguas residuales domésticas con aplicación de diferentes tecnologías de tratamiento sostenibles con costos de operación y mantenimiento económicos para pequeñas comunidades descentralizadas en Tacna (Cono Sur)- Perú"		
			Indicadores Comparación con los LMP's	Consiste en nuestra única unidad de estudio de muestreo que consta de la planta de tratamiento de aguas residuales Huaytire II del cual se realizará mediciones de los parámetros de estudio para una PTAR.

## Anexo 2

### COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SYSTEM O))

#### Presupuesto

<b>Proyecto</b>	*CREACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE - DISTRITO DE CANDARAVE - PROVINCIA DE CANDARAVE - REGION TACNA*		
<b>Sub-Presupuesto</b>	<b>02 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL HUAYTIRE - SISTEMA ENVIRO))SEPTIC®</b>		
<b>Cliente</b>	ASOCIACION CIVIL AYUDA DEL COBRE		
<b>Ubicación</b>	CANDARAVE - CANDARAVE - TACNA	<b>Costo a :</b>	<b>Noviembre - 2020</b>
<b>Localidad</b>	CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE		

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
<b>02</b>	<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES</b>						307,992.46
	<b>HUAYTIRE-SISTEMA Enviro)) Septic®</b>						
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS					38,519.01	
02.01.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	540.80	13.10	7,202.38		
02.01.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	27.06	38.85	1,051.28		
02.01.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO	M2	555.00	4.86	2,697.30		
02.01.04	RELLENO MANUAL CON MATERIAL PROPIO	M3	309.85	45.80	14,191.13		
02.01.05	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE DProm=30 m C.MAQUINARIA	m3	522.74	25.59	13,376.92		
02.02	OBRAS DE LLEGADA					2,446.64	
02.02.01	BUZON DE FIBRA DE VIDRIO					2,044.34	
02.02.01.01	SUMINISTRO DE BUZON DE DERIVACION DE FIBRA DE VIDRIO	und	1.00	1,779.66	1,779.66		
02.02.01.02	INSTALACION DE BUZON DE FIBRA DE VIDRIO D=1.20m	UND	1.00	264.68	264.68		
02.02.02	EMISOR DE PVC DE 200mm					402.30	
02.02.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC S-25 UF 200 MM	m	7.50	53.64	402.30		
02.03	TRATAMIENTO PRELIMINAR					6,432.49	
02.03.01	REJA DE DESBASTE					2,193.42	
02.03.01.01	SUMINISTRO DE REJA DE DESBASTE	UND	1.00	1,864.40	1,864.40		
02.03.01.02	INSTALACION DE REJA DE DESBASTE	UND	1.00	329.02	329.02		
02.03.02	TANQUE DE TRAMPA DE GRASAS					4,239.07	
02.03.02.01	SUMINISTRO DE TANQUE DE TRAMPA DE GRASAS	UND	1.00	3,305.08	3,305.08		
02.03.02.02	INSTALACION DE TANQUE DE TRAMPA DE GRASAS	GLB	1.00	933.99	933.99		
02.04	TRATAMIENTO PRIMARIO DE CAPTACION DE LODOS					32,574.56	
02.04.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TANQUES PRIMARIOS DE CAPTACION DE LODOS					32,574.56	
02.04.01.01	SUMINISTRO DE TANQUE PRIMARIO DE CAPTACION DE LODOS	UND	2.00	15,495.76	30,991.52		
02.04.01.02	INSTALACION DE TANQUE PRIMARIO DE CAPTACION DE LODOS	GLB	1.00	1,583.04	1,583.04		
02.05	TRATAMIENTO SECUNDARIO SISTEMA ENVIRO))SEPTIC®					228,019.76	
02.05.01	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES HUAYTIRE-SISTEMA Enviro)) Septic®					227,009.49	
02.05.01.01	SUMINISTRO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SISTEMA ENVIRO))SEPTIC®	UND	1.00	209,697.82	209,697.82		
02.05.01.02	SUMINISTRO DE INSUMOS PARA LA INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	UND	1.00	11,848.52	11,848.52		
02.05.01.03	INSTALACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	GLB	1.00	5,463.15	5,463.15		
02.05.02	CANAL DE FILTRO DE ARENA					1,010.27	
02.05.02.01	CONSTRUCCION DEL CANAL DE FILTRO DE ARENA L = 20m	UND	1.00	1,010.27	1,010.27		
<b>COSTO DIRECTO</b>							<b>307,992.46</b>

Nota: Ver en Hoja Resumen el detalle del pie de presupuesto, costo directo y costos indirectos

## Presupuesto

**Proyecto** "CREACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE - DISTRITO DE CANDARAVE - PROVINCIA DE CANDARAVE - REGION TACNA"  
**Sub Proyección** **01 - TRABAJOS PRELIMINARES, OBRAS PROVICIONALES, SEGURIDAD, MEDIO AMBIENTE**  
**Cliente** ASOCIACION CIVIL AYUDA DEL COBRE  
**Ubicación** CANDARAVE - CANDARAVE - TACNA **Conto a :** **Noviembre - 2020**  
**Localidad** CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
<b>01</b>	<b><u>OBRAS PROVICIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</u></b>						70,584.13
01.01	<b>OBRAS PROVICIONALES</b>					7,090.59	
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 240X360 M.	und	1.00	720.34	720.34		
01.01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN, OFICINA, VESTUARIO Y COMEDOR	MES	2.00	1,016.95	2,033.90		
01.01.03	SERVICIOS HIGIENICOS PARA EL PERSONAL DE OBRA	mes	2.00	600.00	1,200.00		
01.01.04	CERCO PERIMETRICO PROVISIONAL CON POLIPROPILENO	M	203.00	15.45	3,136.35		
01.02	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					22,911.08	
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO EN FORMA MANUAL	m2	2,631.31	0.19	499.95		
01.02.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	1,516.82	0.90	1,365.14		
01.02.03	CONTROL TOPOGRAFICO C/EQUIPO	m2	1,516.82	2.14	3,245.99		
01.02.04	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	GLB	1.00	10,000.00	10,000.00		
01.02.05	FLETE TERRESTRE	GLB	1.00	7,800.00	7,800.00		
01.03	<b>VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DEL COVID-19 EN EL TRABAJO</b>					8,845.32	
01.03.01	ELABORACIÓN DEL PLAN DE VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE COVID-19 EN EL TRABAJO	GLB	1.00	500.00	500.00		
01.03.02	LIMPIEZA Y DESINFECCION DEL CENTRO DE TRABAJO	MES	2.00	1,241.16	2,482.32		
01.03.03	EVALUACION Y VIGILANCIA DE LA CONDICION DE SALUD DEL TRABAJADOR EN EL CENTRO DE TRABAJO	GLB	1.00	3,858.27	3,858.27		
01.03.04	LAVADO Y DESINFECCION OBLIGATORIA DE MANOS	gb	1.00	799.73	799.73		
01.03.05	SENSIBILIZACION DE LA PREVENCIÓN DEL CONTAGIO EN EL CENTRO DE TRABAJO	gb	1.00	500.00	500.00		
01.03.06	MEDIDAS PREVENTIVAS DE APLICACION PERSONAL Y COLECTIVA	DIA	60.00	11.75	705.00		
01.04	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>					10,795.78	
01.04.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	gb	1.00	597.34	597.34		
01.04.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	gb	1.00	1,140.12	1,140.12		
01.04.03	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	gb	1.00	489.55	489.55		
01.04.04	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	12.00	363.80	4,365.60		
01.04.05	CAPACITACION SOBRE SEGURIDAD Y SALUD	gb	1.00	500.00	500.00		
01.04.06	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	gb	1.00	1,281.35	1,281.35		
01.04.07	AGUA DE MESA PARA CONSUMO HUMANO	mes	2.00	600.77	1,201.54		
01.04.08	SERVICIOS DE REVISION MEDICA P OBREROS Y PERSONA TECNICO DE LA OBRA	gb	1.00	1,220.28	1,220.28		
01.05	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>					6,937.56	
01.05.01	CAPACITACION PERMANENTE AL PERSONAL SOBRE SALUD AMBIENTAL	und	1.00	500.00	500.00		
01.05.02	SEÑALIZACION AMBIENTAL	GLB	1.00	43.47	43.47		
01.05.03	CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS	M2	2,631.31	0.50	1,315.66		
01.05.04	CONTROL DE PROPAGACION DE PARTICULAS	m2	2,631.31	1.93	5,078.43		
01.06	<b>MONITOREO ARQUEOLOGICO</b>					13,503.80	



## Presupuesto

**Proyecto** "CREACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE - DISTRITO DE CANDARAVE - PROVINCIA DE CANDARAVE - REGION TACNA"  
**Sub-Presupuesto** **03 - OBRAS DE PROTECCION Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA**  
**Cliente** ASOCIACION CIVIL AYUDA DEL COBRE  
**Ubicación** CANDARAVE - CANDARAVE - TACNA **Costo a :** **Noviembre - 2020**  
**Localidad** CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
<b>03</b>	<b>OBRAS DE PROTECCION Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA</b>						<b>10,761.98</b>
03.01	OBRAS DE PROTECCION					10,327.38	
03.01.01	RELLENO DIQUE RUSTICO DE ARENA PPROTECCION DE ESCORRENTIA	M	87.00	78.40	6,820.80		
03.01.02	CERCO DE PROTECCION CON MALLA GANADERA H=1m	M	154.00	22.77	3,506.58		
03.02	TRABAJOS PARA PUESTA EN MARCHA					434.60	
03.02.01	BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE	M3	53.00	8.20	434.60		
<b>COSTO DIRECTO</b>							<b>10,761.98</b>

Nota: Ver en Hoja Resumen el detalle del pie de presupuesto, costo directo y costos indirectos

**Anexo N.º 3: Solicitud a la empresa que se hace cargo actualmente ECOAGUA AMÉRICA representante en Latinoamérica del DBO INTERNATIONAL.**

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

Arequipa, 03 de diciembre de 2020.

Señores:

**ECOAGUA AMÉRICA**

Representantes en Latinoamérica DBO International

**ASUNTO : AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Estimados y distinguidos señores:

Tenemos el agrado de dirigirnos a ustedes para saludarles cordialmente y a la vez solicitarles que nos permitan realizar el trabajo de investigación en la PTAR que su empresa está ejecutando en la Comunidad de Huaytire, Candarave -Tacna. El presente trabajo de investigación se realizará por las suscritas en el marco establecido por la Universidad Continental. El objeto de la investigación será determinar la eficiencia de la Tecnología empleada, así como los beneficios que esta tecnología propone al situarse a más de cuatro mil metros sobre el nivel del mar.

Sin otro particular, aprovechamos la oportunidad para expresarle nuestros sentimientos de mayor consideración y estima personal.

Atentamente;



Bach. Sullma L. Ccorimanya Mayta  
DNI: 48067505  
COD.UNI. N.º:48067505



Bach. Maritza M. Mamani Supo  
DNI: 70999132  
COD.UNI. N.º:70999132

**Anexo N.º 4: Aceptación de la solicitud para realizar el trabajo de investigación en la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II- Tacna-2021.**



Arequipa, 08 de diciembre 2020

Señoritas:  
Bach. Sullma L. Corimanya Mayta  
Bach. Maritza M. Mamani Supo  
Arequipa. -

Por medio del presente, autorizamos el que puedan realizar el trabajo de investigación al proyecto “CREACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE – DISTRITO DE CANDARAVE – PROVINCIA DE CANDARAVE – REGION TACNA” el mismo que estará a cargo del Ingeniero residente Doncan Yomona Sotillo con quienes coordinarán las visitas de campo, así mismo, los monitoreos y demás actividades lo coordinaran con mi persona, para lo cual les adjunto mi correo y poder estar en coordinación de sus actividades; de igual forma, les solicitamos nos brinden el contacto de su coordinador académico con quien pudiéramos coordinar actividades referentes al trabajo de investigación.

Sin otro en particular, me despido de ustedes quedando atento a cualquier adicional.

Atentamente,

Ivan Calla Condori  
Delegado Regional  
989017463  
[ivan.calla@ecoagua.pe](mailto:ivan.calla@ecoagua.pe)

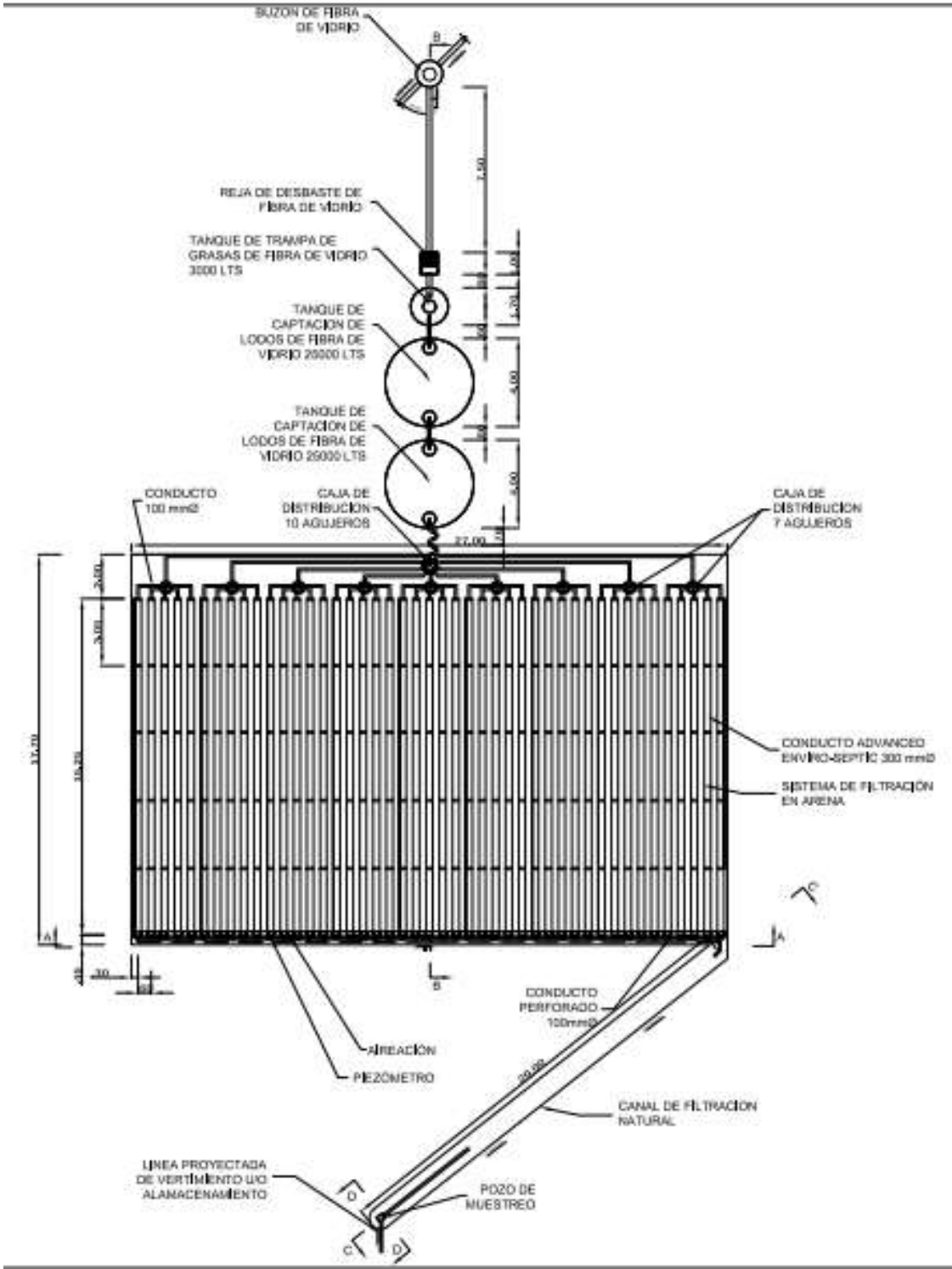
---

Head Office / Siego Social / Officine Central  
Calle Paucarpata 306 Arequipa  
Phone/Telephone: 989017463 – 985714901  
[www.dboexpert.com](http://www.dboexpert.com) [www.eco-agua.net](http://www.eco-agua.net)

**Anexo N° 5: Reconocimiento de la planta de tratamiento de agua residual Huaytire  
II para dar inicio a la toma del primer muestreo.**



**Anexo N.º 6: Identificación de los puntos de muestreo de la PTAR punto de ingreso que es el afluente y el punto de salida que es el efluente.**

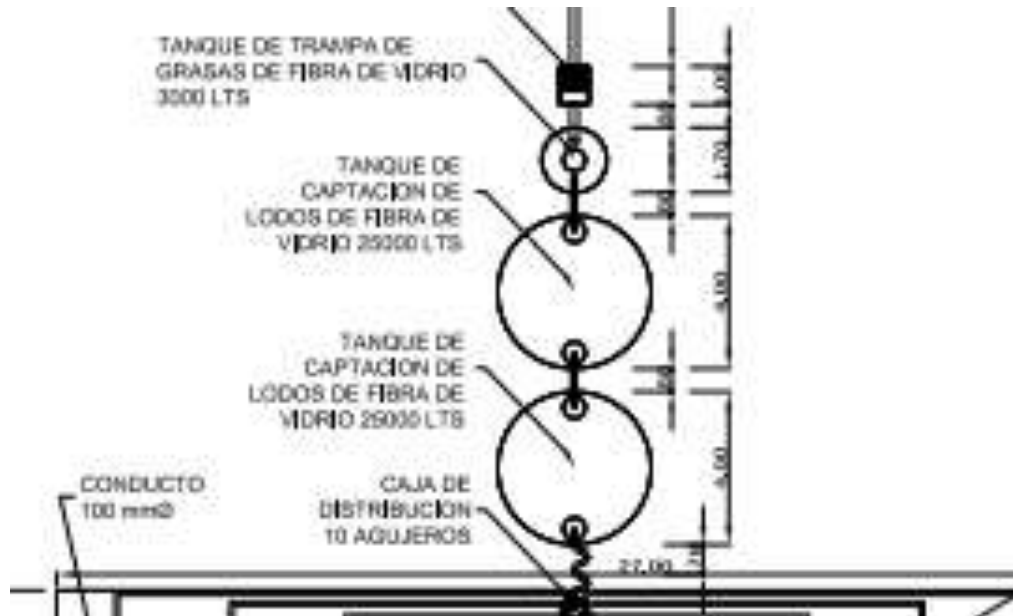




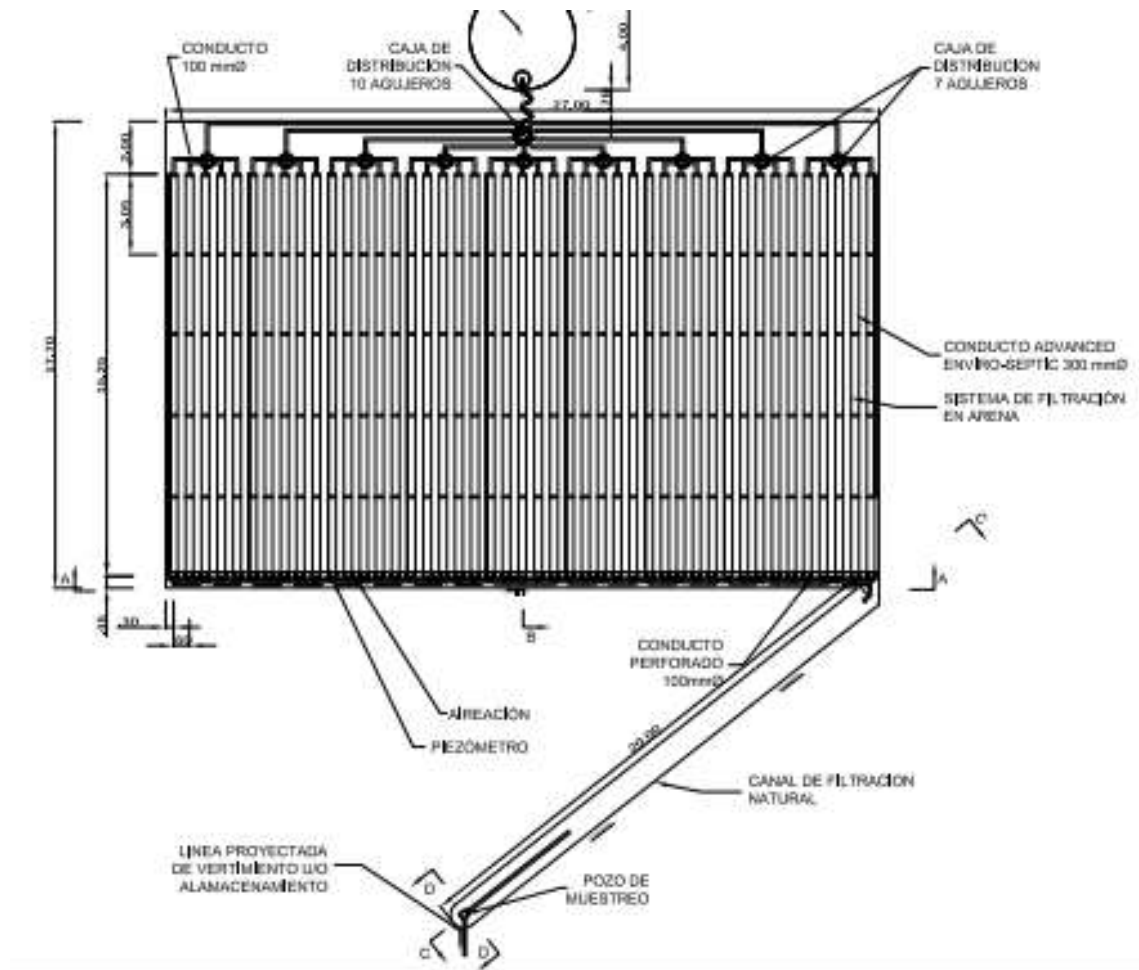
**Anexo N.º 7: Tanque de trampa de grasa de 3000 litros la cual es el tratamiento preliminar.**



**Anexo N.º 8: Tanque de captación de lodos de fibra de vidrio 25000 lts. Cada una en la cual se realiza el tratamiento primario de la PTAR Huaytire II.**

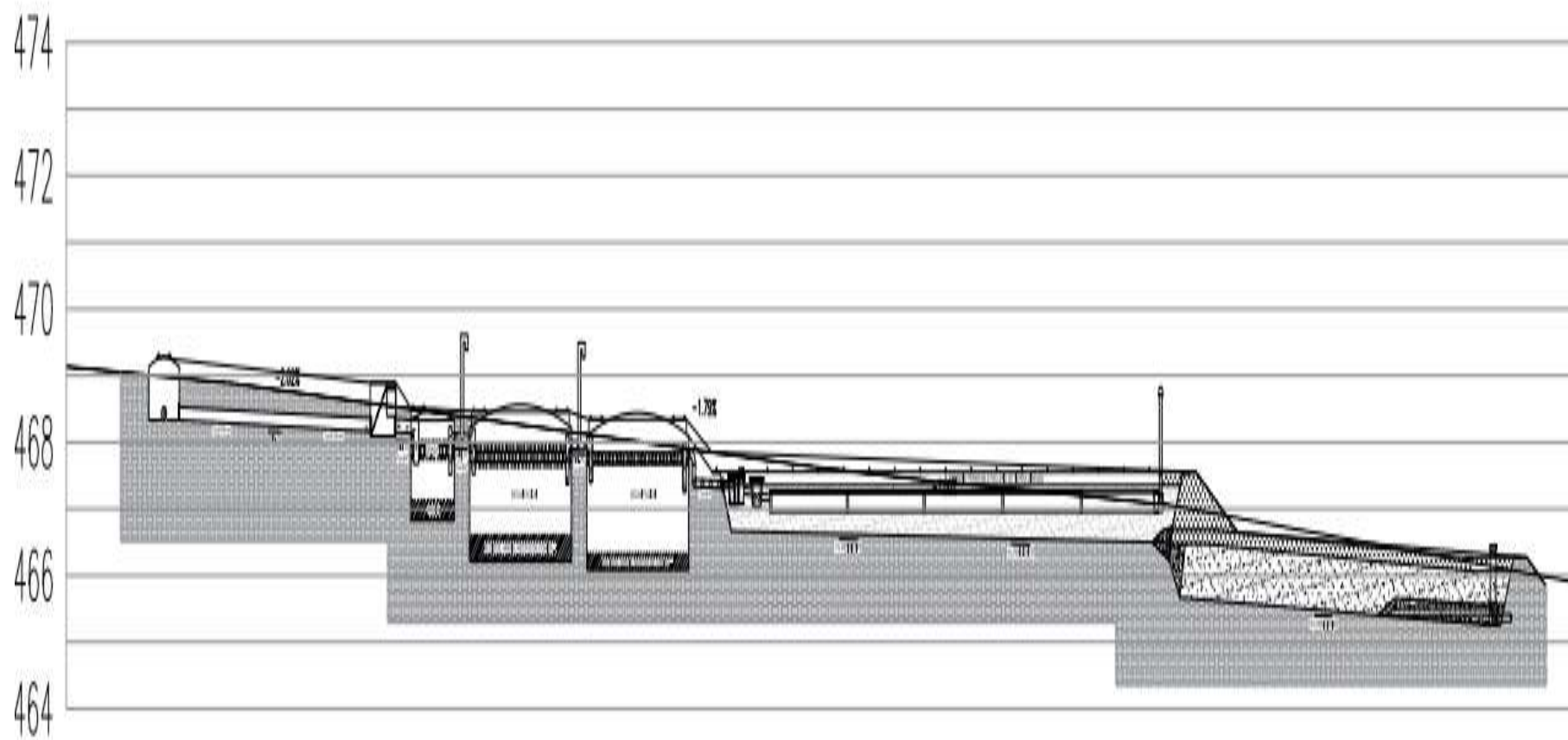


**Anexo N.º 9: Funcionamiento de la tecnología del System O)) que corresponde al tratamiento secundario con los conductos advanced enviro)) septic en la cual se da la proliferación de bacterias y la infiltración en la arena.**





## Plano de perfil de la planta de tratamiento de la PTAR Huaytire II





**ANEXO N.º 10: Informe de ensayo: Laboratorio acreditado por INACAL.  
BHIOS LABORATORIO con los resultados del afluente  
de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.**

**INFORME DE ENSAYOS N° 1005-2021  
PÁGINA 1 DE 2**

<b>SOLICITANTE</b>	: ECO AGUA AMERICA S.A.C.
<b>DIRECCIÓN</b>	: CAL PAUCARPATA NRO. 306 (FRTE. A PUERTA DE INGRESO DE LA UNSA) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: AGUA RESIDUAL (ENTRADA)
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido muy turbio
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: Entrada de planta / UTM: 19K 0353642, 8132295, 4474 msnm (H-1)
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Ninguno
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 01 muestra de 6000mL aprox. Compuesta de 02 envases vidrio de 500mL, 01 envase PE de 1000mL para análisis MB: 03 envases vidrio de 1000mL, 02 envases PE de 500mL para análisis FQ.
<b>PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En envases de vidrio y polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.4°C.
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Muestreada y Transportada por BHIOS LABORATORIOS
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna (por ser muestra única)
<b>FECHA PRODUCCIÓN</b>	: No especificada
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No especificada
<b>CONTRATO N°</b>	: 0349-2021
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 03/03/2021

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

El presente informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente informe de Ensayos.

En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.

Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.

El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.

BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.

El presente informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.

Cualquier modificación, borror o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

# INFORME DE ENSAYOS N° 1005- 2021

## PÁGINA 2 DE 2

### DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA

**PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO** : 0156-2021 / BHIOS-IM-005  
**REGISTRO DE MUESTREO N°** : 0156-21-01  
**FECHA Y HORA DEL MUESTREO** : 03/03/2021 10:30 hrs.  
**DIRECCIÓN DEL MUESTREO** : Centro Poblado Huaytire-Planta de tratamiento de Huaytire- Candarave-Candarave-Tacna  
**AREA / PUNTO DEL MUESTREO** : Entrada de planta / UTM: 19K 0353642, 8132295, 4474 msnm  
**CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura (°C) en campo: 11.2 código equipo: E-505  
**OBSERVACIONES DE TOMA DE MUESTRA** : Ninguna

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL (ENTRADA)	
		Entrada de planta / UTM: 19K 0353642, 8132295, 4474 msnm (H-1)	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	17000000	NMP/100mL
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	372	mg/L
FQ	Sólidos Suspendedos Totales	102	mg/L
FQ	Temperatura	11.2	°C
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	471	mg/L
FQ	Aceites y Grasas	46.9	mg/L
FQ	pH	7.4	U de pH

#### ABREVIATURAS:

NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros  
 mg/L : Miligramos por litro  
 °C : Grados Celsius  
 U de pH : Unidades de pH

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9200. 9221-E Multiple Tube Fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure, 23rd Ed. 2017.  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.  
 Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000. Method 2540-D. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C, 23rd Ed. 2017.  
 Temperatura : Norma Técnica Peruana 214.050 : 2013 Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua.  
 Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.  
 Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000 Method 2510-B Conductivity, Laboratory Method, 23rd Ed. 2017  
 pH : Environmental Protection Agency, Method 150.1, pH (Electrometric), 1995

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 03/03/2021 al 12/03/2021

MB 03/03/2021 al 10/03/2021

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 15/03/2021



**Ing. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe



**REGISTRO DE DATOS DE CAMPO**

Nombre de la PTAR: <i>Planta de tratamiento de agua residual Huaytire II</i>				
<b>AFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal afluente (*)
<i>03/03/2021</i>	<i>10:30</i>	<i>7.3</i>	<i>11.8°C</i>	<i>1.14 l/s</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
<b>EFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal efluente (*)
<i>03/03/2021</i>	<i>11:30</i>	<i>6.8</i>	<i>12°C</i>	<i>1.0 l/s</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				

(\*) caudal del afluente y efluente en el momento del monitoreo.

*Huaytire, 03 de marzo del 2021*



MAMANI SUÑO MARITZA MAYUMI  
RESPONSABLE DEL MONITOREO



CCORIMANYA MAYTA SULLMA L.  
RESPONSABLE DEL MONITOREO

**ANEXO N.º 11: Informe de ensayo: laboratorio acreditado por INACAL. BHIOS LABORATORIO con los resultados del efluente de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la primera muestra tomada el 3 de marzo del 2021.**

**INFORME DE ENSAYOS N° 1006-2021  
PÁGINA 1 DE 2**

<b>SOLICITANTE</b>	: ECO AGUA AMERICA S.A.C.
<b>DIRECCIÓN</b>	: CAL PAUCARPATA NRO. 306 (FRTE. A PUERTA DE INGRESO DE LA UNSA) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: AGUA RESIDUAL (SALIDA)
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido ligeramente turbio
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: Salida de planta / UTM: 19K 0353680, 8132253, 4471 msnm (H-2)
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Ninguno
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 01 muestra de 3500mL aprox. Compuesta de 01 envase vidrio de 500mL, 01 envase PE de 1000mL para análisis MB: 01 envase vidrio de 1000mL, 02 envases PE de 500mL para análisis FQ.
<b>PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En envases de vidrio y polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.4°C.
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Muestreada y Transportada por BHIOS LABORATORIOS
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna (por ser muestra única)
<b>FECHA PRODUCCIÓN</b>	: No especificada
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No especificada
<b>CONTRATO N°</b>	: 0349-2021
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 03/03/2021

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borron o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

# INFORME DE ENSAYOS N° 1006-2021

## PÁGINA 2 DE 2

### DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA

**PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO** : 0156-2021 / BHIOS-IM-005  
**REGISTRO DE MUESTREO N°** : 0156-21-02  
**FECHA Y HORA DEL MUESTREO** : 03/03/2021 11:30 hrs.  
**DIRECCIÓN DEL MUESTREO** : Centro Poblado Huaytire-Planta de tratamiento de Huaytire- Candarave-Candarave-Tacna  
**AREA / PUNTO DEL MUESTREO** : Salida de planta / UTM: 19K 0353660, 8132253, 4471 msnm  
**CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura (°C) en campo: 11.3 código equipo: E-508  
**OBSERVACIONES DE TOMA DE MUESTRA** : Ninguna

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL (SALIDA)	
		Salida de planta / UTM: 19K 0353660, 8132253, 4471 msnm (H-2)	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	130000	NMP/100mL
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	29	mg/L
FQ	Sólidos Suspendedos Totales	2	mg/L
FQ	Temperatura	11.3	°C
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	41	mg/L
FQ	Aceites y Grasas	1.8	mg/L
FQ	pH	6.4	U de pH

#### ABREVIATURAS:

NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros  
 mg/L : Miligramos por litro  
 U de pH : Unidades de pH  
 °C : Grados Celsius

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 19000.5221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23rd Ed. 2017.  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000.5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.  
 Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 2000. Method 2540-D. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. 23rd Ed. 2017.  
 Temperatura : Norma Técnica Peruana 214-000 : 2013 Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua.  
 Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000 Method 5220-D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.  
 Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 2000 Method 2510-B Conductivity Laboratory Method. 23rd Ed. 2017.  
 pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1998

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** **FQ** 03/03/2021 al 12/03/2021

**MB** 03/03/2021 al 10/03/2021

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 15/03/2021

  
  
**Bgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

Fin del Informe

**ANEXO N°12: Informe de ensayo: laboratorio acreditado por INACAL. LABORATORIO CERPER con los resultados del efluente de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la segunda muestra tomada el 5 de mayo del 2021.**



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



**INFORME DE ENSAYO N° 2-01120/21**

Página 1/3

Solicitante : ECO AGUA AMERICA S.A.C.  
 Domicilio legal : CAL PAUCARPATA NRO. 306 - AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA  
 Producto declarado : AGUA RESIDUAL  
 Lugar de Muestreo : CENTRO POBLADO DE HUAYTIRE - CANDARAVE - TACNA  
 Fecha de Muestras : 2021-05-05  
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 8,0 Litros  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
 Forma de Presentación : En Fresco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado  
 Identificación de la muestra : Según se indica  
 Fecha de recepción : 2021-05-05  
 Fecha de inicio del ensayo : 2021-05-06  
 Fecha de término del ensayo : 2021-05-11  
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa  
 Identificado con : HS 21003722 (EXMA-05381-2021)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
PTAR HUAYTIRE II	0353696	8132247	—	Color verde amarillento



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

CALLAO  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 801, La Perla - Callao  
 T. (511) 319 9000

info@cerper.com | www.cerper.com

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



**INFORME DE ENSAYO N° 2-01120/21**

Página 2/3

**RESULTADOS**

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Estación de Muestreo
				PTAR HUAYTIRE II
				Fecha y Hora de Muestreo
				2021-05-05 12:10
				Tipo de Muestra
				Agua Residual
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>				
Sólidos Totales Suspensos	2,5	mg/L	99,0	
[*] pH	—	Unidades de pH a 25 °C.	8,52	
[*] Temperatura	—	°C	25,0	
<b>Parámetros Orgánicos</b>				
Aceites y Grasas	0,50	mg AyG/L	2,00	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,00	mg/L	6,66	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mg O2/L	11,5	
<b>Parámetros Microbiológicos</b>				
Coliformes Termotolerantes	1,50	NMP/100 mL	4 500	

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg O2/L)	< 2,50	103,2	85% - 115%	10,5	10,4	1,54	<20%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	192,0	196 ± 30,5 mg/L	6,66	6,66	0,0	<20%
Sólidos Totales Suspensos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	100,6	85% - 115%	4,40	4,46	1,35	± 5%

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP.	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	99,0	78-114%	38,6	38,8	2,04	± 11%

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



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

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 318 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

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

**INFORME DE ENSAYO N° 2-01120/21**

Página 3/3

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	Control	Caldo ECA-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(*), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

**MÉTODOS**

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

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

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

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

**Sólidos Totales Suspendedos:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D.23 rd Ed. 2017. SOLIDS, TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C

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

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

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 14 de mayo de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

  
Lic. Edgardo Mendoza Mamani  
N° 776  
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

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

AREQUIPA  
Calle Toniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

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

info@cerper.com | www.cerper.com

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



**REGISTRO DE DATOS DE CAMPO**

Nombre de la PTAR: <i>Planta de tratamiento de agua residual Huayfire II</i>				
<b>AFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal afluente (*)
<i>05/05/2021</i>	<i>11:20</i>	<i>7.9</i>	<i>11.7°C</i>	<i>0.94 l/s</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
<b>EFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal efluente (*)
<i>05/05/2021</i>	<i>12:10</i>	<i>7.6</i>	<i>12°C</i>	<i>0.86 l/s</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				

(\*) caudal del afluente y efluente en el momento del monitoreo.

*Huayfire, 05 de mayo del 2021.*




MAMANI SUPO MARITZA MAYUMI  
RESPONSABLE DEL MONITOREO



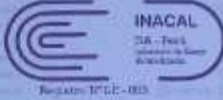
CCORIMANYA MAYTA SULLMA L.  
RESPONSABLE DEL MONITOREO



**ANEXO N°13: Informe de ensayo: laboratorio acreditado por INACAL. LABORATORIO CERPER con los resultados del efluente de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la tercera muestra tomada el 29 de junio del 2021.**



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




INACAL  
INSTITUTO NACIONAL DE ACREDITACIÓN

**INFORME DE ENSAYO N° 2-01710/21** Página 10

Solicitante	ECO AGUA AMERICA S.A.C.
Domicilio legal	CAL. PAUCARPATA NRO. 306 - AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Producto declarado	AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	PTAR HUAYTIRE II
Fecha de Muestreo	2021-06-29
Cantidad de Muestras para el Ensayo	4.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	Según se indica
Fecha de recepción	2021-06-29
Fecha de inicio del ensayo	2021-06-30
Fecha de término del ensayo	2021-07-07
Ensayo realizado en	Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa
Identificado con	HS 21905275 (EXMA-07809-2921)
Validez del documento	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
PTAR HUAYTIRE II	0383696	8132247	—	Altitud: 4464 m.s.n.m



**AREQUIPA**  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415.  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

**CALLAO**  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 219-9000

info@cerper.com - www.cerper.com

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

**INFORME DE ENSAYO N° 2-01710/21**

Página 2/3

**RESULTADOS**

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultado	Estación de Muestreo	RTAR HUAYTIRE II
				Fecha y Hora de Muestreo	Agua Residual
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>					
Sólidos Totales Suspendidos	2,5	mg/L	17,0	2021-06-29	16:00
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C	6,70		
<b>Parámetros Orgánicos</b>					
Acetas y Grasas	0,50	mg Ag/L	<0,50		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	3,00	mg/L	13,3		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mg/L	32,9		
<b>Parámetros Microbiológicos</b>					
Coliformes Termotolerantes	1,8	NMP/100 mL	4 500		

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	Control	Culto EC/A-1	Culto EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

Ensayos	SM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	206,0	198 ± 30,5 mg/L	2,26	2,31	2,19	<20%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg DQO/L)	< 2,50	107,7	85% - 115%	13,3	14,2	1,74	<20%
Sólidos Totales Suspendidos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	102,7	85% - 115%	16,84	17,12	1,65	± 5%

Ensayos	SM	LFB	Criterio de aceptación	LPM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Acetas y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	07,0	78-114%	38,6	38,9	0,26	± 11%

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



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

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 501, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

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

**INFORME DE ENSAYO N° 2-01710/21**

Página 3/3

**MÉTODOS**

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SET-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.  
**Coliformes Termotolerantes:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)  
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test.  
**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Cobaltic Method.  
**Sólidos Totales Suspensidos:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D, 23 rd Ed. 2017. SOLIDS: TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C  
(\*) pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- H + B, 23 rd Ed. 2017. pH Value. Electronic Method

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produjo.  
Arequipa, 08 de julio de 2021.

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

  
Lic. Eddi Mendoza Mamani  
D.P. N° 774  
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

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

AREQUIPA  
Calle Toriberto Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 266572

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

info@cerper.com - www.cerper.com

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







**REGISTRO DE DATOS DE CAMPO**

Nombre de la PTAR: <i>Planta de tratamiento de agua Residual Huaytire II</i>				
<b>AFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal afluente (*)
<i>29/06/2021</i>	<i>14:30</i>	<i>8.4</i>	<i>10.1°C</i>	<i>0.74 l/s</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
<b>EFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal efluente (*)
<i>29/06/2021</i>	<i>15:00</i>	<i>8.2</i>	<i>10°C</i>	<i>0.86 l/s</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				


(\*) caudal del afluente y efluente en el momento del monitoreo.

*Huaytire, 29 de junio del 2021*

  
 -----  
 MAMANI SUPO MARITZA MAYUMI  
 RESPONSABLE DEL MONITOREO


  
 -----  
 CCORIMANYA MAYTA SULLMA L.  
 RESPONSABLE DEL MONITOREO

**ANEXO N°14: Informe de ensayo: laboratorio acreditado por INACAL. LABORATORIO CERPER con los resultados del efluente de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la cuarta muestra tomada el 12 de agosto del 2021.**



**CERPER**  
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

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



INACAL  
I.A. Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado


Registro N° LE - 003

**INFORME DE ENSAYO N° 2-02199/21**

Página 1M

Solicitante	ECO AGUA AMERICA S.A.C.
Domicilio legal	CAL. PALICARPATA NRO. 306 - AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Producto declarado	AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	---
Fecha de Muestreo	2021-08-12
Cantidad de Muestras para el Ensayo	4.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	Según se indica
Fecha de recepción	2021-08-13
Fecha de inicio del ensayo	2021-07-13
Fecha de término del ensayo	2021-08-18
Ensayo realizado en	Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa
Identificado con	HS 21006600 (EXMA-05001-2021)
Validez del documento	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto			
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Observaciones
	ESTE	NORTE	
PTAR HUAYTIRE	0353896	0132247	Altitud: 4404 m.s.n.m.



LABORATORIO  
CERPER

AREQUIPA  
Calle Toriente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 801, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

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

**INFORME DE ENSAYO N° 2-02199/21**

Página 2/4

**RESULTADOS**

		Estación de Muestreo	PTAR HUAYTIRE
		Fecha y Hora de Muestreo	2021-08-12 11:30
		Tipo de Muestra	Agua Residual
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultado
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>			
Sólidos Totales Suspendidos	2,5	mg/L	72,1
(*) pH	—	Unidades de pH a 25 °C	6,55
<b>Aniones por Cromatografía Iónica</b>			
Nitratos, (como N)	0,002	mg/L	0,375
Nitros, (como N)	0,001	mg/L	0,241
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Aceites y Grasas	0,50	mg AyG/L	1,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,00	mg/L	35,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mg/L	70,9
<b>Parámetros Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	1,8	NMP/100 mL	7 800

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	Control	Dato ECIA-1	Cultivo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml.)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento



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

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 801, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

TEL USU INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



**INFORME DE ENSAYO N° 2-02199/21**

**CONTROLES DE CALIDAD**

Página 3/4

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,80 mg O2/L)	< 2,50	97,6	85% - 115%	2,7	3,0	8,86	<20%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	222,5	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%
Sólidos Totales Suspensivos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	102,1	85% - 115%	4,03	4,86	0,81	± 5%
pH (Unidades de pH a 25 °C.)	---	---	---	6,57	6,54	0,48	< 0,1 unidades de pH

Ensayos	SM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	LFM/ ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
Acido y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	96,26	75-114%	39,30	36,40	0,80	± 11%
Nitrato, (como N) (LD: 0,002 mg/L)	< 0,002	101,97	90% - 110%	4,21	4,22	0,37	<20%
Nitrato, (como N) (LD: 0,001 mg/L)	< 0,001	102,06	90% - 110%	3,06	3,07	0,21	<20%

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



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

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

info@cerper.com - www.cerper.com

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

## INFORME DE ENSAYO N° 2-02199/21

Página 4/4

### MÉTODOS

Aniones por Cromatografía Iónica: EPA Method 300.0 1993 Determination of inorganic anions by ion chromatography  
Aceites y Grasas: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.  
Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)  
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.  
Demanda Química de Oxígeno (DQO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method  
Sólidos Totales Suspensidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D,23 rd Ed. 2017. SOLIDS, TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C  
(\*) pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- H + B, 23 rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

### OBSERVACIONES

Prohíbese la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 27 de agosto de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A



Lic. Eddie Mendoza Mamani  
C.O.P. N° 778  
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

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

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

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 801, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

Info@cerper.com - www.cerper.com

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





**REGISTRO DE DATOS DE CAMPO**

Nombre de la PTAR: <i>Planta de tratamiento de agua Residual II</i>				
<b>AFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal afluente (*)
<i>12/08/2021</i>	<i>10:30</i>	<i>7.9</i>	<i>9.7°C</i>	<i>1.045</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
<b>EFLUENTE</b>				
Denominación del punto de monitoreo				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal efluente (*)
<i>12/08/2021</i>	<i>11:30</i>	<i>7.1</i>	<i>10°C</i>	<i>0.93 L/S</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				

(\*) caudal del afluente y efluente en el momento del monitoreo.

*Huancayo, 12 de agosto del 2021*

  
 -----  
 MAMANI SUPO MARITZA MAYUMI  
 RESPONSABLE DEL MONITOREO

  
 -----  
 CCORIMANYA MAYTA SULLMA L.  
 RESPONSABLE DEL MONITOREO

**ANEXO N° 15**  
**REFERENCIAS FOTOGRÁFICAS**

**Fotografía N° 1:** *Se puede observar el área en específico donde se encuentra la cámara del Sistema canadiense, debajo se encuentra las tuberías o conductos del advanced enviro septic donde se distribuye el flujo del agua tratándose. Al fondo se observa las tuberías de ventilación del sistema que sobresalen de la superficie.*





**Fotografía N° 2:** *tecnología canadiense del System O)), los conductos del advanced enviro septic.*



**Fotografía N° 3:** *preparacion de los frascos para la toma de muestras con el especialista de BHIOS LABORATORIO.*



**Fotografía N° 4:** *punto del muestreo del afluente de la planta de tratamiento de agua residual Huaytire II.*





**Fotografía N° 5:** *reja de desbaste de fibra de vidrio*



**Fotografía N° 6:** *de izquierda a derecha Sullma Cc.; Maritza M. se observa la trampa de grasa y los dos tanques del tratamiento primario.*



**Fotografía N° 7:** *de izquierda a derecha Sullma Cc.; Maritza M.; Ing. Ivan encargado de la tecnología del System O)) en el Perú tomando la muestra del efluente del DQO tal como se indica en el protocolo de monitoreo de aguas residuales del efluente R.M. N.° 273-2013-VIVIENDA.*



**Fotografía 8:** *de izquierda a derecha Sullma Cc.; Maritza M.; Ing. Ivan encargado de la tecnología del System O)) en el Perú tomando la muestra del efluente del DBO sin burbujas tal como indica en el protocolo de monitoreo de aguas residuales del efluente R.M. N.º 273-2013-VIVIENDA.*





**Fotografía N° 9:** *de izquierda a derecha Sullma Cc.; Maritza M.; Ing. Ivan encargado de la tecnología del System O)) en el Perú tomando la muestra tal como indica en el protocolo de monitoreo de aguas residuales del efluente R.M. N.° 273-2013-VIVIENDA.*



**Fotografía N° 10:** *de izquierda a derecha Sullma Cc.; Maritza M.; terminando de tomar las muestras del efluente de la PTAR Huaytire II tratadas con la tecnología del System O)) la muestra es de coliformes termotolerantes.*



**Fotografía 10:** *Se tiene el pozo de geomembrana en el que se recupera el agua tratada con el System O)) para riego u otros usos.*

