



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**Evaluación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas  
con aceites y grasas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Villalobos Ponce, Jorge Alberto (0000-0002-8292-3436)

**ASESOR:**

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (0000-0002-0750-2877)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

## DEDICATORIA

A dios por la vida entregada y protección infinita, a mis padres y familia por sus consejos, ayuda y ejemplo de superación y amor, a mi esposa Geraldine por su amor y apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Juan Jose Gambini, mi mentor y gran amigo durante mis años laborales y a la ingeniera Norma Silva, por su tiempo, habilidad para educar e invaluable ayuda.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA .....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variables y operacionalización .....	13
3.3. Población, muestra y muestreo .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimiento .....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	14
3.7. Aspectos éticos .....	14
IV. RESULTADOS .....	14
V. DISCUSIÓN .....	39
VI. CONCLUSIONES .....	43
VII. RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS .....	46
ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de los parámetros de las muestras de agua en las estaciones de la empresa San Martin Contratistas Generales .....	16
Tabla 2. Diferentes niveles de tratamiento de aguas residuales según la eliminación de los contaminantes y las tecnologías disponibles .....	19
Tabla 3. Resultados de priorización de los criterios .....	23
Tabla 4. Evaluación de los criterios importantes para la evaluación de tecnologías para tratamiento de agua residual .....	24
Tabla 5. Resultados de priorización de la evaluación de las tecnologías .....	28
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos finales del agua contaminada con la implementación de la unidad de floculación y coagulación .....	31
Tabla 7. Características de la grava y la arena para el filtro requerido .....	31
Tabla 8. Costos relacionados con la gestión de aguas residuales de las aguas contaminadas .....	33
Tabla 9. Costos de adquisición de los equipos de la planta de tratamiento de aguas contaminadas .....	34
Tabla 10. Costos de operación anual para la planta de tratamiento .....	34
Tabla 11. Flujos de efectivo asociado al proyecto .....	35
Tabla 12. Resultado del VAN y el TIR del proyecto .....	35
Tabla 13. Resultados del periodo de recuperación de la inversión (PRI) del proyecto .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de investigación .....	12
-----------------------------------------	----

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo la evaluación una planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales. Para lo cual se utilizó un diseño de investigación de tipo no experimental. En este sentido, inicialmente se determinó cuáles son los agentes contaminantes presentes, obteniendo que los parámetros que exceden el VMA son aceites y grasas, Nitrógeno Amoniacal, el parámetro DBO y el DQO. Así mismo, se determinó que es necesario evaluar un sistema de tratamiento que alcance el nivel primario avanzado que involucra métodos fisicoquímicos. Por lo que, la tecnología propuesta para la planta correspondería a una unidad de floculación y coagulación, filtro de arena y grava y un generador de ozono. Finalmente, para estimar los costos de evaluación de la planta de tratamiento de aguas contaminadas, se consideró inicialmente los costos actuales relacionados con la contratación del servicio de disposición final de agua contaminada, mientras que por otro lado se determinó los costos para la adquisición de los equipos requeridos para la implantación de la planta, obteniendo que se requiere una inversión de 32.500,00 S y la inversión se recuperará en 1,73 años.

**Palabras clave:** Planta de tratamiento, aguas contaminadas, aceites y grasas.

## **ABSTRACT**

The objective of this study is to design a treatment plant for water contaminated with oils and fats for the company San Martin Contractors General. For which a nonexperimental research design was used. In this sense, initially it was determined which pollutants are present, obtaining that the parameters that exceed the VMA are oils and fats, Ammonia Nitrogen, the BOD parameter and the COD. Likewise, it was determined that it is necessary to design a treatment system that reaches the advanced primary level that involves physicochemical methods. Therefore, the technology proposed for the plant would correspond to a flocculation and coagulation unit, a sand and gravel filter and an ozone generator. Finally, to estimate the design costs of the contaminated water treatment plant, the current costs related to contracting the final disposal service for contaminated water were initially considered, while on the other hand the costs for the acquisition of the equipment were determined required for the implantation of the plant, obtaining that an investment of S 32,500.00 is required and the investment will be recovered in 1.73 years.

**Keywords:** Treatment plant, polluted water, oils and fats.

## 1. INTRODUCCIÓN

Un número significativo de contaminantes emergentes resultantes de la contaminación puntual y difusa está presente en el medio acuático. Estos corresponden a sustancias químicas que frecuentemente no se monitorean, pero las cuales tienen un importante potencial de generar impactos ambientales desfavorables para el entorno y en consecuencia puede afectar la salud humana y los factores ecológicos. Entre los que se incluyen productos de consumo regular por los hogares, o en la producción industrial, así como resultantes de actividades directas de naturaleza antropogénica (tensioactivos, sustancias resultantes de procesos de degradación natural o artificial, productos farmacéuticos y de cuidado personal, químicos relacionados con la producción de gasolina, etc.) (Vasilachi, Mihaela, Ionela, & Gavrilescu, 2021). Destacando que, en las plantas de tratamiento de aguas, los contaminantes emergentes y sus metabolitos podrían transformarse mediante reacciones biológicas o químicas, o procesos de superficie, reduciendo los riesgos ambientales (Capodaglio, 2019). Este tipo de contaminantes, son los que se generan como resultado de los procesos de mantenimiento a camiones en la empresa San Martín Contratistas Generales.

Perú no escapa a esta realidad, dado que se han detectado abundancia de contaminantes en las aguas residuales y superficiales en las principales fuentes de agua (Cusiche & Miranda, 2019). La cual puede provenir de una inadecuada gestión en los mantenimientos vehiculares, lo que lo convierte en una posible fuente de contaminación ambiental (Astonitas, 2018). Destacando que una de las fuentes de la contaminación de las aguas proviene de los desechos de grasas y aceites de las empresas de mantenimiento de vehículos (Guo & Wang, 2018).

Así mismo, se ha establecido que, con cada vehículo lavado, un gran volumen de agua potable se convierte en agua muy contaminada que termina en las vías fluviales. Según la literatura disponible, se utilizan aproximadamente 150 L de agua para lavar un automóvil en una instalación de lavado de autos comercial, mientras que para un camión asciende a 600 L; mientras que se requieren entre 400-500 L de agua para lavar camiones y autobuses, lo que conlleva a una estimación de consumo

de agua de más de 1.3 millones de galones al día (Monney, Amponsah, & Buamah, 2020, p. 2).

Peor aún, los contaminantes e impurezas de las aguas residuales del lavado de autos se componen de arena y polvo, aceite libre, grasa, carbón, asfalto, sales, tensioactivos y materia orgánica que se liberan directamente en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas (Sarmadi, Foroughi, Najafi, Sanaei, & Allah, 2020, p. 2). Refiriendo que, el aceite y la grasa aumentan la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), la temperatura y el pH del agua que, en consecuencia, pueden desencadenar la degradación del hábitat acuático, reducción de la actividad y pérdida de biodiversidad (Raia, Sharma, Gurung, Sitaula, & Tachamo, 2020, p. 39).

En base a lo expuesto, se estableció que la industria del mantenimiento de vehículo socava la seguridad del agua y amenaza la salud del ecosistema, además, resultados de estudios han mostrado que los centros de mantenimiento de vehículos operan con una ética ambiental deficiente a pesar de leyes y regulaciones restrictivas (Raia, Sharma, Gurung, Sitaula, & Tachamo, 2020, p. 39).

Esta problemática se agrava considerando que las industrias del mantenimiento de vehículos, como es el caso de la empresa San Martin Contratistas Generales no dispone de sistemas para la reutilización o el tratamiento de los efluentes contaminados, de forma que se controle o mitigue el posible impacto ambiental. En este sentido, surge la necesidad de proponer soluciones adecuadas para este tipo de aguas contaminadas; siendo en la actualidad, el campo de investigación del tratamiento de agua una importante fuente de desarrollo de propuestas técnicas viables para prevenir los impactos ambientales. Además, su relevancia en el desarrollo de conocimiento es innegable, por lo que, es necesario formar profesionales que poseen las habilidades y criterios requeridos para evaluar opciones de tratamiento según los diferentes contaminantes presentes en el agua.

Además, es importante enfatizar la importancia que se concede al desarrollo de proyectos de esta naturaleza para el entorno social, dado que no solo se propone

una solución para la empresa, sino que las repercusiones del proyecto alcanzan dimensiones mayores, al incluir como beneficiarios directos e indirectos a las comunidades aledañas a la empresa que pueden afectarse en el corto plazo con la presencia de las aguas contaminadas, lo que representa una grave amenaza para la salud pública.

En base a lo expuesto previamente, el presente estudio se justifica de forma práctica dado que aportará soluciones a la problemática relacionada con el tratamiento de agua contaminada proveniente de empresas de mantenimiento de vehículos; lo cual afecta a varios entornos considerando que los hallazgos de la investigación favorecerá que se cumpla con la normativa ambiental y mejore la reputación de la organización al reducir los impactos ambientales resultantes de su actividad comercial; también se justifica por su relevancia social dado que se aumentarán las medidas de protección al ecosistema beneficiando a las comunidades aledañas, reduciendo la posibilidad de afectación a la salud pública y favoreciendo el control de enfermedades relacionadas al consumo o contacto de agua contaminada o su vertimiento en cuerpos de agua sin el debido cumplimiento de la normativa ambiental en relación a los parámetros fisicoquímicos y biológicos correspondientes.

Desde la perspectiva teórica el presente estudio se justifica dado que permitirá la compilación de información relevante y actualizada sobre las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas aumentando los conocimientos que se poseen en relación al tema; además se justifica metodológicamente dado que se utilizará la técnica de selección de alternativas ponderadas, para identificar la opción técnica de tratamiento pertinente al contexto operacional de la empresa San Martín Contratistas Generales enfocado en el cumplimiento de los requerimientos ambientales para la disposición, a través del alcantarillado público, del agua proveniente de sus actividades sin que esto represente una posible afectación ambiental.

En este contexto, a través del presente estudio, se pretende dar una solución a la problemática, planteando el problema general ¿Será posible que, a través de la evaluación de una planta de tratamiento de agua contaminada con aceites y grasas, el agua tratada pueda ser desechada a través del sistema de drenaje? Y los

siguientes específicos (1) ¿Cuáles son los agentes contaminantes presentes en el agua proveniente de los mantenimientos efectuados en la empresa San Martin Contratistas Generales? (2) ¿Cuáles serán las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas disponibles actualmente para la evaluación de una planta? (3) ¿Cuál será el proceso más adecuado para el tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales? (4) ¿los costos de la evaluación de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales serán inferiores a los que se requiere actualmente para su disposición final? Por lo cual se espera que la empresa se beneficie en términos económicos al reducir los gastos actuales por concepto de disposición de una EO-RS (Empresas Operadoras de Residuos Sólidos), mejore el reconocimiento social y cumpla a cabalidad con sus obligaciones legales y ambientales; además pueda servir de referencia para que otras empresas se motiven a implementar este tipo de proyectos.

Por lo que, el presente estudio tiene como objetivo general el de evaluar un sistema de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales; puntualizado por los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar los agentes contaminantes presentes en el agua proveniente de los mantenimientos efectuados en la empresa San Martin Contratistas Generales.
2. Determinar las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas disponibles actualmente para la evaluación de una planta.
- 3.- Evaluar el proceso más adecuado para el tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales.
- 4.- Estimar los costos de la evaluación de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales.

La hipótesis general planteada corresponde a si la implementación de una planta de tratamiento de agua contaminada con aceites y grasas por la empresa San Martin Contratistas Generales permitirá que el agua tratada pueda ser desechada a través del sistema de drenaje. Además, se establecieron las siguientes hipótesis específicas: 1. Los agentes contaminantes presentes en el agua proveniente de los

mantenimientos efectuados en la empresa San Martin Contratistas Generales, serán grasas y aceites principalmente. 2. Existe disponible, múltiples opciones de técnicas de tratamiento de aguas contaminadas para la evaluación de una planta. 3.- El proceso más adecuado para el tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales, será el que reduzca en mayor proporción el DBO, DQO, PH y sea menos costoso y 4.- Los costos de la evaluación de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales, serán inferiores a los que se requiere actualmente para su disposición final.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales tenemos los siguientes:

Astonitas (2018), el cual tuvo como objetivo proponer un sistema de tratamiento de aguas residual en la empresa PEVASTAR S.A.C para disminuir el impacto ambiental. Para el logro de los objetivos **Se efectuó un análisis físico-químico** del efluente que permitió verificar el incumplimiento por parte de la empresa, en los límites máximos permitidos de DQO, la DBO y los SST (**Sólidos Suspendidos totales**) según la norma ambiental vigente, por lo que se procedió a evaluar, a través de la matriz de Leopold, los posibles impactos ambientales relacionados a la actividad de lavado. Obteniendo como resultado que el consumo de agua, la contaminación del suelo y la contaminación del agua superficial son los principales impactos obtenidos. Con base a estos resultados, se seleccionó el tratamiento más eficiente para tratar el agua contaminada, obteniendo que a través del proceso de coagulación-floculación se alcanzará los valores de DQO, la DBO y los SST requeridos en norma.

En el estudio de Vásquez & Cadenillas (2018), titulado diseño de un centro de lavado de autos con reutilización de agua en la ciudad de Chiclayo, que tuvo como objetivo evaluar tecnologías para la reutilización de agua contaminada. Obteniendo que a través de la incorporación de un proceso de separación y filtración será posible reutilizar hasta el 85% de agua utilizada en las lavadoras, lo cual además de significar una reducción de costos para la empresa, ayudará al planeta en la reducción de la escasez del recurso hídrico.

Y como antecedentes internacionales tenemos los siguientes:

Cardozo (2017), en su trabajo titulado: diseño de una planta de tratamiento de aguas, para lavado automotor, para la empresa Translogam S.A.S, se realizó un relevamiento de información sobre las actividades que se efectúan en la empresa, se establecieron los parámetros básicos requeridos para el diseño de la planta, se evaluaron las alternativas técnicas disponibles y finalmente se seleccionó la mejor opción técnica en función a la eficiencia en la remoción de contaminantes.

El estudio de Guamanquispe (2017), titulado Diseño de una planta de tratamiento de agua proveniente del lavado de autos en la lavadora “La Unión” En El Sector La

Joya”, se efectuó un análisis físico-químico del agua contaminada para determinar si se cumplía con los parámetros normativos vigentes en relación al contenido de grasa y aceites, así como el DBO y TPH: Obteniendo que efectivamente estos incumplen la norma y en base a estos resultados se propuso un proceso de tratamiento que incluyó varios procesos primarios como desarenado, floculación y sedimentación en el que también se incluyó como procesos secundario en conjunto con el tanque de aireación finalizando con la aplicación de cloro al agua. Concluyendo que con la incorporación de estos equipos se obtendrá una reducción en los parámetros previamente evaluados.

En el trabajo de grado desarrollado por Ucar (2017) las aguas residuales del lavado de autos fueron tratadas mediante procesos de decantación, filtración y filtración por membrana. Durante la sedimentación, la concentración total de sólidos disminuyó rápidamente en las primeras 2 horas y luego permaneció constante. La demanda química de oxígeno (DQO) y la conductividad se redujeron en un 10 % y un 4 %, respectivamente. Después de la sedimentación, el agua residual se filtró a través de un filtro de 100  $\mu\text{m}$ . Finalmente, las aguas residuales se filtraron mediante cuatro membranas de ultrafiltración y una membrana de nanofiltración, obteniendo una eliminación del 97 % en el DQO.

Según Machineni (2019) existen principalmente cinco tipos de aguas residuales o alcantarillado, a saber, aguas residuales domésticas, efluentes industriales, aguas residuales mineras, comerciales y agrícolas, a continuación, se describen las más importantes:

- Las aguas residuales domésticas, también conocidas como aguas residuales sanitarias, transportan el agua usada de los baños, lavabos y cocinas de unidades residenciales y comerciales. Aunque las aguas residuales municipales contienen un porcentaje bastante pequeño (<1%) de una amplia gama de impurezas disueltas y suspendidas en peso, la toxicidad de estos contaminantes y los grandes volúmenes de aguas residuales hacen que el reciclaje de las aguas residuales domésticas sea un desafío importante. Las aguas residuales domésticas no solo son una fuente importante de impurezas, como alimentos, detergentes y nutrientes vegetales altamente putrescibles,

sino que también es muy probable que contengan microbios que causan enfermedades.

- Las aguas residuales industriales son un subproducto no deseado de diversas industrias de fabricación de productos, particularmente de unidades químicas y farmacéuticas, y generalmente contienen contenidos peligrosos que deben tratarse en lugar de liberarse directamente en los cuerpos de agua. En general, los contaminantes en los efluentes industriales a menudo incluyen contaminantes específicos y fácilmente distinguibles según la naturaleza de las industrias de procesamiento.
- Las aguas residuales agrícolas, también conocidas como aguas residuales de riego, son el agua que sale por el extremo inferior de surcos, bordes, cuencas y áreas inundadas en el curso de la preparación de la tierra para cultivar cultivos agrícolas.

El propósito del tratamiento de aguas residuales es eliminar o reducir los contaminantes en el agua que imponen amenazas para las personas y el medio ambiente si se descargan en aguas superficiales y / o subterráneas sin el tratamiento adecuado. El tratamiento convencional de aguas residuales consiste en una combinación de procesos físicos y biológicos con el objetivo de eliminar los componentes contaminantes, y los cuales se caracterizan por lo general, en tres fases que son preliminar o primaria, secundaria y terciaria o avanzada (Aladdin, 2020). Según Machineni (2019), las tres fases que comprende el tratamiento de agua residual se describen a continuación:

- En el enfoque preliminar, el material grueso, la arena y los sólidos en suspensión pueden eliminarse mediante ajuste gravitacional en tanques de sedimentación o sedimentación primarios, mientras que el tratamiento primario tiene como objetivo la eliminación de sólidos orgánicos en suspensión voluminosos antes de la descarga, lo que se conoce como efluente primario. Un informe de la *American Chemical Society* afirma que aproximadamente el 65% del total de sólidos en suspensión (TSS), el 40% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entrante, el 30% de la demanda

química de oxígeno (DQO), el 60% de la grasa y el aceite, 20% N y el 10% P se eliminan durante los tratamientos preliminares y primarios.

- El tratamiento secundario está asociado a mecanismos biológicos e implica principalmente el consumo de elementos mayores de compuestos orgánicos y sólidos en suspensión por diferentes microorganismos para su crecimiento en condiciones controladas. El componente degradado se deposita en tanques de sedimentación secundarios y los lodos sedimentados posteriormente se eliminan por sedimentación. Esta etapa elimina el 90% de DBO y TSS, y la porción máxima de N, P y metales pesados.
- Finalmente, el tratamiento terciario a veces se denomina tratamiento final o avanzado, que tiene como objetivo una mayor purificación de las aguas residuales, particularmente mediante la eliminación de los materiales peligrosos o los nutrientes que aún están en las aguas residuales después del tratamiento secundario y específicamente para erradicar o desinfectar las bacterias patógenas. Además de lo anterior, la cloración puede usarse en todas las etapas durante el tratamiento para enriquecer la calidad del agua.

En los países desarrollados, el agua superficial se procesa en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la que aplican varios pasos de tratamiento que incluyen cribado grueso y fino, sedimentación, coagulación / floculación, varios métodos de filtración, lodos activados, desinfección primaria y residual, entre otros (Yang et. al., 2017). Cada método suele estar dirigido a grupos contaminantes específicos, por ejemplo, los procesos de filtración de lodos activados eliminan los nutrientes y la materia orgánica natural,  $\text{NO}_3$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  de las aguas residuales. La coagulación y la floculación eliminan el material iónico / coloidal como la arcilla partículas y metales disueltos. Se requiere filtración y desinfección para el material restante, como bacterias, virus y otros disueltos metales (Hoslett, et. al., 2018).

Los principales tipos de tratamiento de agua residual son:

- Tres tecnologías principales de tratamiento electroquímico que incluyen electrocoagulación (EC), electro flotación (EF) y posición de electrodos. Los contaminantes, como los iones de metales pesados, son retenidos en las

aguas residuales por sus cargas eléctricas superficiales o enlaces de hidrógeno. Después de introducir el campo eléctrico, las cargas electrostáticas que mantienen unidos los contaminantes suspendidos o emulsionados se neutralizan y luego se coagulan a partir de la fase acuosa. Las partículas de metales pesados se unen como pequeños imanes para formar una masa que se llama lodo o flóculo (Darban, Shahedi, Taghipour, & Jamshidi, 2020).

- La adsorción corresponde a la adhesión a una superficie específica de elementos como átomos, iones o moléculas en cualquiera de las fases de la materia y en el proceso se crea una película de adsorbato, destacando que la adsorción es un fenómeno de superficie, mientras que la absorción involucra todo el volumen del material. El término sorción abarca tanto los procesos de adsorción como los de absorción, mientras que el término desorción es su reverso (Singha, Nagpal, Agrawal, & Rachna, 2018).
- Los tratamientos biológicos de aguas residuales son procesos complejos en la intersección de la biología y la bioquímica. Dependen de las bacterias y otros organismos para descomponer y asimilar los desechos orgánicos mediante procesos celulares normales. El objetivo del tratamiento biológico de aguas residuales es crear un sistema en el que el resultado de la descomposición sea agua fácilmente recolectada con un mínimo de contaminantes para su correcta eliminación y / o utilización. Los tratamientos biológicos han evolucionado y se están volviendo más efectivos, eficientes y pueden lograr el cumplimiento de las regulaciones de calidad de descargas ambientales (Ali & Idrus, 2021). Los tratamientos biológicos de las aguas residuales se utilizan en todo el mundo porque son eficaces y más económicos que muchos procesos físicos, mecánicos y químicos. Sin embargo, a menudo se complementan con tratamientos de desinfección adicionales que incluyen cloración y tratamiento UV, así como una gama de opciones de filtración que incluyen filtración granular, filtración de carbón y microfiltración y se suelen dividir en dos procesos: proceso aeróbico en el que hay oxígeno y proceso anaeróbico en el que no hay oxígeno. Ambos procesos

pueden controlarse y refinarse para lograr la eliminación óptima de sustancias orgánicas de las aguas residuales (Machineni, 2019).

- Los tratamientos de filtración se basan en un proceso de eliminación de material particulado del agua y las aguas residuales forzando el agua a través de un medio poroso. El medio poroso puede ser natural como en el caso de arena, grava y arcilla o puede ser una membrana hecha de varios materiales sintéticos que incluyen acetato de celulosa, nitrato de celulosa (colodión), poliamida (nailon), policarbonato, polipropileno y politetrafluoroetileno (teflón) (Hoslett, et. al., 2018). En la industria del lavado de autos, las aguas residuales deben tratarse y reciclarse para satisfacer la actual escasez de agua y las leyes ambientales. El tratamiento y el reciclaje de las aguas residuales de lavado de vehículos utilizando sistemas de filtración son métodos económicos y medioambientalmente sostenibles. La filtración granular y los procesos de filtración por membrana, como la microfiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración y la ósmosis inversa son técnicas prometedoras desde el punto de vista técnico y económico para reciclar las aguas residuales de los lavados de vehículos.

El marco normativo que se asocia con el presente trabajo incluye las normas para el vertimiento de Aguas Residuales en el Perú como la Ley 28611: Ley general del ambiente que establece en el Artículo 121 que se requiere una autorización por parte del estado para el vertimiento de aguas residuales industriales en los cuerpos de agua. Además, se tiene el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, los cuales se muestran en el Anexo 1.

### III. METODOLOGÍA

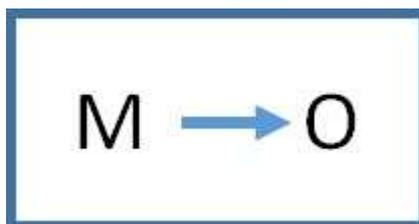
#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación que se relaciona al presente estudio es aplicada, dado que según establece Vargas (2009), son aquellas investigaciones de tipo científico que tienen como objetivo resolver problemas prácticos, lo cual según los objetivos planteados en el presente proyecto corresponderá a solucionar la problemática planteada a través de la evaluación de un sistema de tratamiento de aguas para la empresa con fin de alcanzar los parámetros ambientales requeridos para su disposición final a través de los sistemas de alcantarillas municipales.

En relación al diseño de investigación, el mismo es de tipo no experimental dado que no se realizará la manipulación de las variables y el mismo se efectuará en un periodo de tiempo definido, de igual manera se categoriza como descriptivo dado que se desarrollará una evaluación que incluye la determinación de parámetros fisicoquímicos del agua contaminada y se elaborará un análisis ponderado de alternativas para seleccionar el sistema más pertinente para el tratamiento de agua según el contexto estudiado.

En función del nivel de investigación, el presente trabajo se encuadra en el descriptivo; definido por Haryanto (2018), como la investigación que tiene como objetivo recopilar los datos disponibles de un fenómeno, mediante el uso de instrumentos de investigación como prueba, cuestionario, entrevista o incluso observación, lo cual permitirá describir sistemáticamente el objeto de estudio. En este contexto, el diseño propuesto de la investigación es el siguiente:

Figura 1. Diseño de investigación



M: Muestra (agua contaminada con aceites y grasas)

O: Observación (Evaluación de planta de tratamiento)

### **3.2. Variables y operacionalización**

- **Variable independiente (VI):** Aguas contaminadas con aceite y grasas
- **Variable dependiente (VD):**  
Evaluación de planta de tratamiento

En el Anexo 2, se muestra la matriz de operacionalización de las variables, en el Anexo 3 se muestra la matriz de consistencia.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población se define incluye a todos los miembros de un grupo definido que es objeto de estudio; mientras que la muestra es una parte más pequeña del todo, es decir, un subconjunto de toda la población y por lo tanto, la representa en un estudio (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). En este sentido, la población en el presente estudio corresponderá a todas las tecnologías disponibles para el tratamiento de agua contaminada y la muestra serán aquellas tecnologías que sean efectivas y viables para tratar el agua contaminada con aceites y grasas según los parámetros fisicoquímicos cuantificados en la muestra de agua de la empresa objeto de estudio. En relación con el muestreo este será no probabilístico por conveniencia.

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

- Método de observación permitirá familiarizarse directamente con el área de estudio en donde se requiere solucionar el problema, además, se establecerá las condiciones en que se encuentra el área de estudio y en si determinar el lugar óptimo para la construcción de la infraestructura.
- Método comparativo a través del cual se realizará una comparación, tras haber realizado un análisis bibliográfico, de las diferentes metodologías existentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para seleccionar la óptima de acuerdo con las variables calificadas y a los recursos con los que se cuenta para el desarrollo del proceso.

### **3.5. Procedimiento**

El procedimiento propuesto para el desarrollo del presente estudio corresponde inicialmente a la caracterización fisicoquímica de la muestra de agua contaminada. En el Anexo 4 se muestra los parámetros que serán evaluados y las normas establecidas.

Una vez obtenidos los análisis del agua contaminada, se procederá a efectuar una revisión bibliográfica sobre las diferentes tecnologías disponibles para seleccionirlas y luego evaluar en base a los criterios ponderados definidos y posteriormente seleccionar la tecnología que obtenga la mayor calificación, para finalmente evaluar en base a los volúmenes de agua contaminada que maneja la empresa, las dimensiones de los equipos y elementos que integrarán el sistema.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Debido a la naturaleza no experimental del proyecto, no será necesario efectuar análisis estadísticos, sin embargo, se determinarán matemáticamente las dimensiones de los elementos que integrarán la planta de tratamiento de agua propuesta.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para el desarrollo del presente trabajo, se considerará y respetará la propiedad intelectual de los diferentes estudios y trabajos técnicos que serán analizados, así como a las personas que formarán parte del proyecto. Además, los datos obtenidos provendrán de fuentes confiables y serán referenciadas siguiendo los lineamientos institucionales de la universidad, para que posteriormente puedan ser verificados. Finalmente, las actividades que se asocian con el desarrollo del trabajo se efectuarán de forma que se genere el menor impacto en el ambiente y en la sociedad.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1 Identificar los agentes contaminantes**

Para seleccionar la tecnología, en primera instancia se determinó cuáles son los agentes contaminantes presentes en el agua proveniente de los mantenimientos efectuados en la empresa San Martín Contratistas Generales. Las muestras

colectadas han requerido de un análisis especializado en un laboratorio de prestigio como servicios de terceros, registrado en INACAL y acreditado para realizar este tipo de muestreos. Los resultados fueron analizados en base a la normativa mostrada en el Anexo 2 y 3; obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 1.** Resultados de los parámetros de las muestras de agua en las estaciones de la empresa San Martin Contratistas Generales

Parámetro	Unidad	Estaciones				VMA D.S. N° 010- 2019VIVIENDA
		ET-1 Piscina de lavadero	EST-1 Pozo N° 1 de lavadero	ET-2 Pozo N° 3 de lavadero	EST-2 Pozo de desarmado	
DBO	mg/L	402,9	485,2	435,0	>4 000	500
DQO	mg/L	800,0	950,0	893,3	>10 000	1000
SST	mg/L	47	145	135	118	500
Aceites y grasas	mg/L	5,2	202,1	104,2	7,7	100
Aluminio	mg/L	<0,125	0,776	1,133	<0,125	10
Arsénico	mg/L	0,0290	0,0297	0,0228	0,2680	0.5
Boro	mg/L	<0,332	<0,332	<0,332	<0,332	4
Cadmio	mg/L	0,033	0,032	0,036	0,013	0.2
Cianuro	mg/L	0,081	0,057	0,030	0,798	1
Cobre	mg/L	18,378	49,115	30,703	0,703	3
Cromo 6	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0.5
Cromo total	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	10
Manganeso	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	0,995	4
Mercurio	mg/L	0,00212	0,00058	0,00238	0,00304	0.02
Niquel	mg/L	0,217	0,197	0,388	0,200	4
Plomo	mg/L	0,333	0,296	0,325	0,159	0.5

Sulfatos	mg/L	826,64	673,91	677,26	224,53	1000
Sulfuros	mg/L	<0,002	<0,002	0,014	0,028	5
Zinc	mg/L	1,516	1,588	1,635	2,336	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	19,7	33,9	>100	>100	80
pH		6,0	5,7	5,1	5,2	6-9
Solidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	8.5
Temperatura	°C	21,3	21,8	21,6	21,5	<35
Conductividad	uS/cm	9840	9680	9780	4430	

Fuente: Empresa San Martin Contratistas Generales



De la evaluación de los resultados se puede observar que:

- En la Estación EST-1, los parámetros que exceden el VMA son; Aceites y Grasas que dio como resultado 202,1 mg/L siendo el VMA 100 mg/L (Ver Anexo 5).
- En la Estación EST-2, el parámetro Nitrógeno Amoniacal dio como resultado >100 mg/L siendo su VMA 80 mg/L, el parámetro DBO alcanzo valores superiores a 4000 mg/L siendo su VMA 500 mg/L y el parámetro DQO mayor a 10000 mg/L superando su VMA 1000 mg/L.

**Determinar las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas disponibles actualmente para la evaluación de una planta.**

Los tratamientos se clasifican según el tipo, físico, químico y biológico y según las combinaciones de estos que aplican los niveles como tratamiento preliminar, primario, primario avanzado, secundario, secundario con eliminación de nutrientes, terciario y avanzado. Para la determinación de las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas disponibles actualmente para la evaluación de una planta, se recopiló información sobre los diferentes niveles de tratamiento: preliminar, primario, primario avanzado, secundario, secundario con eliminación de nutrientes, terciario y avanzado como se presenta en la Tabla 2:

**Tabla 2.** *Diferentes niveles de tratamiento de aguas residuales según la eliminación de los contaminantes y las tecnologías disponibles*

Nivel	Contaminantes	Tecnologías
Preliminar	Residuos sólidos, arenilla, grasa, sólidos en suspensión	Removedor de arena / sedimentación
Primario (Físico)	Sólidos en suspensión y materia orgánica	Aclaración de alto nivel
Primaria avanzada (FísicoQuímico)	Eliminación mejorada de sólidos en suspensión y materia orgánica	Coagulación y floculación, electrocoagulación, electrooxidación, filtración granular, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa
Secundaria (Biológico)	Eliminación de materia orgánica biodegradable (en solución o suspensión) y sólidos en suspensión.	Lagunas de crecimiento aeróbico y anaeróbico/ sistemas fisicoquímicos oxidación química/ oxidación avanzada/ filtración de membrana
Secundario con eliminación de nutrientes.	Orgánicos biodegradables, sólidos en suspensión y nutrientes (nitrógeno, fósforo o tanto nitrógeno como fósforo) nitrógeno	Oxidación química (cloración del punto de ruptura) / nitrificación y desnitrificación de crecimiento suspendido/ intercambio iónico
Terciario	Fósforo	tratamiento químico/ eliminación de fósforo biológico/
	Nitrógeno y fósforo	eliminación de nutrientes biológicos de nitrógeno y fósforo
	Patógenos	compuestos de cloro/ Dióxido de cloro/ ozono

Avanzado	Sólidos coloidales y disueltos	Membranas/ tratamiento químico/ adsorción de carbono/ intercambio iónico
	Compuestos orgánicos volátiles	trazado de líneas aéreas /adsorción de carbono /oxidación avanzada
	Olor	Depuradores químicos / adsorción de carbono/ filtros biológicos/ filtro de compost
Tratamiento de lodos		Engrosamiento por gravedad /espesamiento químico mejorado/ lagunas de digestión de lodos /digestión aeróbica de lodos/ digestión anaeróbica de lodos/ deshidratación mecánica lecho de secado de lodos

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, los contaminantes comunes que se encuentran en las aguas residuales de la empresa son sólidos en suspensión, material orgánico biodegradable y volátil, nutrientes, sólidos coloidales y disueltos y patógenos, que pueden eliminarse por métodos físicos, químicos o biológicos. Según se observa, hoy en día existe una gran cantidad de métodos de tratamiento de aguas residuales independientes para la eliminación de los contaminantes comunes presentes en las aguas contaminadas de la empresa San Martín Contratistas Generales.

No obstante, dadas las características de los fluidos a tratar, los cuales incumplen la normativa ambiental en relación a los parámetros de aceites y grasas, cobre, DBO y DBQ, se ha establecido la necesidad de evaluar un sistema de tratamiento que alcance el nivel primario avanzado que involucra métodos fisicoquímicos, que implica la eliminación mejorada de sólidos en suspensión y materia orgánica y entre las opciones de tecnología disponible se encuentra:

- Coagulación y floculación

- Electrocoagulación
- Electro oxidación
- Filtración
- Microfiltración
- Ultrafiltración
- Nano filtración
- Ósmosis inversa

**Evaluar el proceso más adecuado para el tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales.**

De acuerdo con la diversidad de cantidades de aguas residuales industriales y la condición local de las fuentes de efluentes, es imposible utilizar criterios generales en la selección del proceso de tratamiento. Sin embargo, algunos puntos están disponibles en la selección del proceso, que se aplica a casi todo tipo de aguas residuales industriales para lograr el proceso de tratamiento previo (Karimi, Mehrdadi, Hashemian, Nabi, & Tvakkoli, 2011). El procedimiento general para realizar la selección del proceso generalmente consta de los siguientes pasos:

- Decidir los criterios que se utilizan para evaluar alternativas.
- Identificar los criterios que son importantes.
- Evaluar alternativas y seleccionar la mejor

**Decidir los criterios que se utilizan para evaluar alternativas**

Cada método de tratamiento de aguas residuales se evaluó y comparó utilizando un conjunto estándar de criterios que permitirá seleccionar la mejor tecnología, en ese sentido, a continuación, se describen los criterios utilizados para la evaluación:

- El costo: es la categoría principal de comparación e incluye los costos de capital y operativos. El costo de capital es la consideración principal, pero también se consideró la vida útil del equipo. Una tecnología / método de tratamiento de bajo costo que debe reemplazarse con frecuencia no tiene ningún beneficio sobre un método de tratamiento de costo moderadamente alto, pero de larga duración. Los costos de mantenimiento incluyen electricidad, químicos y aditivos, reemplazo de piezas y mano de obra.

- Impacto en la salud y el medio ambiente: El sistema de tratamiento no debe ser un peligro para la salud de los empleados y está diseñado para la operación más segura posible según la normativa nacional. Los empleados deben poder operar el sistema de tratamiento de manera segura y el uso y almacenamiento de productos químicos debe realizarse de manera segura.
- Espacio: debido a que el área del taller no dispone de grandes dimensiones para la instalación de la planta de tratamiento, el sistema debe poder manejar las aguas residuales de lavado de autos generadas en el sitio con requisitos mínimos de espacio e infraestructura para el almacenamiento de productos químicos y agua limpia.
- Mantenimiento: el cual no debe ser frecuente y no debe requerir la intervención de personal especializado con el fin que este sea efectuado por los operadores del taller, además por ningún motivo debe interrumpir las actividades diarias, así mismo, se consideró si se presenta incrustaciones y obstrucciones y su frecuencia y las facilidades de monitoreo y control.
- Eficiencia de operación: se evalúa sobre la base de la eficacia de la eliminación de contaminantes (SS, DS, DQO, aceite y grasa, tensioactivos, turbidez, nutrientes, metales pesados) y patógenos (bacterias, protozoos, virus) de las aguas residuales de lavado de vehículos, así como eficiencia en el uso de energía.
- El tiempo de residencia requerido para el proceso de tratamiento es muy importante porque el agua tratada se reciclará en la operación de lavado de autos. Un tiempo de residencia prolongado significa que los costos del sistema serían mayores debido al aumento de los requisitos de almacenamiento, lo que reduce la eficiencia y la conveniencia del sistema en general.
- La idoneidad incluye la facilidad de instalación, el trabajo en diversas condiciones de funcionamiento, la necesidad de un tratamiento previo y la necesidad de combinarlo con otro tratamiento para lograr los resultados requeridos. El sistema de tratamiento debe adaptarse a la operación de lavado de autos existente en la empresa y debe cumplir con la legislación actual.

### **Identificar los criterios que son importantes**

En base a las consideraciones previamente establecidas, para la selección de la tecnología más pertinente al proyecto, se consideró la ponderación de los criterios, como se muestra a continuación;

**Tabla 3.** Resultados de priorización de los criterios

Criterio	Peso
Costo	35%
Impacto en la salud y el medio ambiente	20%
Espacio	15%
Mantenimiento	10%
Eficiencia de operación	10%
Tiempo de residencia	5%
Idoneidad	5%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidos los criterios de evaluación de la tecnología, se efectuó una revisión de la literatura, con el objetivo de recolectar información pertinente para evaluar las tecnologías previamente seleccionadas que se puedan utilizar en la planta de tratamiento considerando los criterios descritos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 4. Evaluación de tecnologías para tratamiento de agua contaminada**

Tipo de tratamiento	Tecnología	Parámetro Eficiencia	Costos	Aspectos operativos	Otros tratamientos	Tiempo de residencia	Referencia
Química	Coagulación y floculación	88-99% en DQO, 74-100% en turbidez, 77-100% en tensioactivos y 65-100% en fósforo	Uso de productos químicos costosos	Producen lodos no biodegradables, alta estabilidad y flexibilidad y fácil de manipular y controlar	Debe combinarse con otras tecnologías (sedimentación, filtración, cloración, ozonización o conversión biológica)	Tiempo de residencia corto (3060 minutos)	(Moazzem, Wills, Fan, Roddick, & Jegatheesan, 2018) (Monney, y otros, 2019) (Aboulhassan, Souabi, Yaacoubi, & Baudu, 2007)
	Electrocoagulación	88-99% en DQO, 68-98% en aceite y grasa, 50% en cloro, 96-100% en turbidez 30% en TDS	Bajos costos operativos y de capital. Usa electricidad	Elimina aceite y grasa, metales pesados, sólidos en suspensión y orgánicos emulsionados. Produce agua limpia, incolora e inodoro y fácil operación del equipo (sin mantenimiento diario)	Debe combinarse con otras tecnologías (filtración, cloración, ozonización o conversión biológica)	Tiempo de residencia corto (3090 minutos)	(Samad Gholami Yengejeh1, 2011) (Priya & Jevanthi, 2019) (Chu, Li, Li, & Haung, 2012)4

	Electro oxidación	82-98% en DQO, 87-93% en DBO, 92-100% en aceite y grasa, 84-92% tensioactivos,	Alto costo operativo. Usa electricidad	No requiere la adición externa de productos químicos y es fácil de configurar	Debe combinarse con otras tecnologías como la remediación biológica	Tiempo de residencia corto (2590 minutos)	(Luu, 2020) (Nayir & Kara, 2017) (Rubi, Barrera, & Hernandez, 2015)
--	-------------------	--------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

		80-96% en color, 98-100% en turbidez y 80% en nitrógeno total					(Davarnjad, Sarvmeili, & Sabzehe, 2020)
Físico	Filtración	100% en DQO, 100% en turbidez, y 80% en nitrógeno total	Económico	Fácil de instalar a partir de materiales baratos disponibles localmente (arena, gravas, guijarros, tierra de diatomeas, carbón, carbón vegetal, algodón y cerámica)	Debe combinarse con otras tecnologías (sedimentación, coagulación, ultrafiltración y ósmosis inversa)	Buen tiempo de residencia (8-12 h)	(Moazzem, Wills, Fan, Roddick, & Jegatheesan, 2018) (Zaneti, Etchepare, & Rubio, 2012) (A, Umer, Karim, & Amaduddin, 2017)

Microfiltración	82-99% en DQO, 96% en SS, 99% en carbono orgánico, 99% en carbono inorgánico, 92-100% en aceite y grasa, 88-100% en turbidez y 50% en amonio	Económicamente atractivo y compacto, sin embargo, presenta un alto costo operativo	Fácil de configurar	Requiere un paso de desinfección (tratamiento UV)	Buen tiempo de residencia (1-6 h)	(Boluarte, Andersen, Pramanik, & Chang, 2016) (Moazzem, Wills, Fan, Roddick, & Jegatheesan, 2018)
Ultrafiltración	97% en DQO, 92% en turbidez, 95% en TOC y 35% en salinidad	Alto costo operativo	Fácil de configurar	Debe combinarse con otras tecnologías como la remediación biológica		(Pinto, Drossi, Melo, Assis, & Ribeiro, 2017)
Nano filtración	99% en DQO, 100% en SS, 98 en aceite y grasa, 100% en turbidez, 98% en carbono orgánico total y 42% en amonio	Alto costo operativo	El ensuciamiento es un problema importante	Debe combinarse con otras tecnologías como la coagulación adsorción, remediación biológica u ozonización	Tiempo de residencia corto (20-120 min)	(Lau, Ismail, & Firdaus, 2013) (Ucar, 2017)

	Ósmosis inversa	96% en DQO, 100% en SS, 83-93% en DS, 90% en aceite y grasa, 100% en turbidez	Altos costos operativos y de capital, consumo intensivo de energía	Fácil de controlar y configurar	Requiere un tratamiento de precalentamiento para reducir las incrustaciones y se requiere un alto nivel de pretratamiento	Tiempo de residencia corto (3012 min)	(Moazzem, Wills, Fan, Roddick, & Jegatheesan, 2018) (Shete & Simkar, 2014)
Biológico	Biofiltros	87-96% en DQO, 93% en SS, 82- 93% en DS, 99% en aceite y grasa, 95% en tensioactivo	Bajo costo operativo	No requiere la adición externa de productos químicos y fácil de configurar, operar y controlar	Debe complementarse con otros tratamientos (cloración, UV tratamiento y filtración)	Tiempo de residencia medio (5-15 h)	(Malimen, Nico, Valotmen, Hakala, & Mononen, 2012) (Wang, Shammas, & Hung, 2009)
	Biorreactor	94% en DQO, 68% en aceite y grasa, 84-98% en tensioactivos y 99% en amonio	Altos costos operativos y de capital	Fácil de configurar, operar y controlar	Requiere desinfección previa	Tiempo de residencia medio (5-15 h)	(Mallick & Chakraborty, 2019) (Shabbazi, kemashahi, Gharavi, Moosavi, & Borzooee, 2013)

Fuente: Elaboración propia

## **Evaluar alternativas y seleccionar la mejor**

Una vez analizada y caracterizada las diferentes alternativas tecnológicas, se procedió a calificarlas, lo que implica que se asignó un puntaje de 1, cuando el criterio tiene el menor impacto negativo en la tecnología y 5 cuando el criterio tiene el mayor impacto en la tecnología propuesta, como se describe a continuación:

- (1) Costo: Si la tecnología evaluada requiere elevado costo de operación o capital se le asignó un puntaje de 1 y en caso contrario si requiere bajo costos se le asignó un puntaje de 5.
- (2) Impacto en la salud y el medio ambiente: Si la tecnología evaluada presenta altos impactos se le asignó el puntaje de 1, en caso contrario si presenta bajos impactos se le asignó un puntaje de 5.
- (3) Espacio: Si la tecnología evaluada requiere elevados espacios para su infraestructura se le asignó el puntaje de 1, en caso contrario se le asignó un puntaje de 5.
- (4) Mantenimiento: Si la tecnología evaluada requiere elevados mantenimientos se le asignó el puntaje de 1, en caso contrario se le asignó un puntaje de 5.
- (5) Eficiencia de operación: Si la tecnología evaluada presenta una eficiencia de operación baja se le asignó el puntaje de 1, en caso contrario se le asignó un puntaje de 5.
- (6) Tiempo de residencia: Si la tecnología evaluada presenta un tiempo de residencia alto se le asignó el puntaje de 1, en caso contrario se le asignó un puntaje de 5.
- (7) Idoneidad: Si la tecnología evaluada no se considera idónea en el contexto estudiado se le asignó el puntaje de 1, en caso contrario se le asignó un puntaje de 5.

En este contexto, se seleccionó la opción con mayor puntaje, como se muestra a continuación:

**Tabla 5. Resultados de priorización de la evaluación de las tecnologías**

Criterios		1		2		3		4		5		6		7		8	
		Punto	peso	Punto	peso	Punto	peso	<b>Punto</b>	<b>peso</b>	Punto	peso	Punto	peso	Punto	peso	Punto	peso
Costo	0,35	1	0,35	3	1,05	2	0,7	<b>5</b>	<b>1,75</b>	2	0,7	1	0,35	1	0,35	1	0,35
Impacto en la salud y el medio ambiente	0,20	1	0,2	2	0,4	2	0,4	<b>5</b>	<b>1</b>	3	0,6	3	0,6	2	0,4	5	1
Espacio	0,15	4	0,6	4	0,6	4	0,6	<b>5</b>	<b>0,75</b>	4	0,6	4	0,6	4	0,6	3	0,45
Mantenimiento	0,10	3	0,3	3	0,3	3	0,3	<b>5</b>	<b>0,5</b>	3	0,3	2	0,2	2	0,2	2	0,2
Eficiencia de operación	0,10	3	0,3	2	0,2	3	0,3	<b>3</b>	<b>0,3</b>	3	0,3	3	0,3	5	0,5	5	0,5
Tiempo de residencia	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	<b>2</b>	<b>0,1</b>	3	0,15	2	0,1	1	0,05	1	0,05
Idoneidad	0,05	4	0,2	4	0,2	3	0,15	<b>5</b>	<b>0,25</b>	4	0,2	3	0,15	3	0,15	4	0,2
Total	1,00		2,00		2,80		2,50		<b>4,65</b>		2,85		2,30		2,25		2,75

Fuente: Elaboración propia

1 Coagulación y floculación

2 Electrocoagulación

3 Electro oxidación

4 Filtración

5 Micro filtración

6 Ultrafiltración

7 Nano filtración

8 Ósmosis inversa

Según se observa en la Tabla 5, la tecnología que recibió una mayor calificación corresponde a la tecnología 4 (filtración), que obtuvo 4,65 puntos y la cual debe combinarse con otras tecnologías (sedimentación, coagulación, ultrafiltración y ósmosis inversa).

Por lo que, la tecnología propuesta para la planta correspondería;

- Unidad de floculación y coagulación
- Filtro de arena y grava
- Generador de ozono
- Tanque de almacenamiento de agua tratada

El caudal de diseño de la planta corresponde a 7 m<sup>3</sup>/día (0,292 m<sup>3</sup>/h). A continuación, se efectúa un cálculo básico de las unidades en la planta de tratamiento propuesta:

### **Unidad de floculación y coagulación**

Para dimensionar el floculador, se consideró lo establecido por Metcalf (2015), en su libro Ingeniería de aguas residuales, para la determinación del área, se debe considerar la carga superficial recomendada en aguas residuales contaminadas, que corresponde a 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d.

$$A = \frac{Q}{Cs}$$

$$A = \frac{7 \text{ m}^3/\text{día}}{50 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} * d}$$

$$A = 0,14 \text{ m}^2$$

Ancho del floculador

$$b = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$b = \sqrt{\frac{0,14}{2}}$$

$$b = 0,265 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

Largo del floculador

$$l = 2 * b$$

$$l = 2 * 0,3 \text{ m}$$

$$l = 0,6 \text{ m}$$

Volumen del floculador

$$v = l * b * H$$

H= será la altura del tanque de floculación que para este caso será de 1 m

$$v = 0,6 * 0,3 * 1$$

$$v = 0,18 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención

$$Tr = \frac{V}{Q}$$

$$Tr = \frac{0,18 \text{ m}^3}{\text{m}^3/\text{s}}$$

$$0,292 \text{ h}$$

$$Tr = 0,617 \text{ h}$$

La tecnología de los tanques de floculación, estima teóricamente una reducción del 80 % en aceites y grasas y entre el 88-99% en DQO/DBO, obteniendo los siguientes resultados en los parámetros fisicoquímicos medidos inicialmente:

**Tabla 6.** *Parámetros fisicoquímicos finales del agua contaminada con la implementación de la unidad de floculación y coagulación*

Estación	Parámetro fisicoquímico	Valor inicial	Valor requerido según normativa nacional	Valor final estimado
Estación ET-1	Aceites y grasas	202,1 mg/L	100 mg/L	40,42 mg/L
Estación ET-2	DBO	> 4000 mg/L	500 mg/L	480 mg/L
	DQO	>10000 mg/L	1000 mg/L	1200 mg/L

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como resultado que para el parámetro de aceite y grasa en la ET-1, alcanzaría una concentración de 40,42 mg/L, el cual cumpliría con la normativa vigente, mientras que en la ET-2 el valor de DBO asumiendo una reducción del 88%, alcanzaría un valor de 480 mg/L menos a los 500 mg/L requeridos en norma, no obstante, el DQO si quedase por encima del requerido de 1000 mg/L, sin embargo, al considerar el 99% de eficiencia, se alcanzaría el valor recomendado. Por lo que, el agua cumpliría con los parámetros normativos ambientales para ser vertida en el alcantarillado público.

### **Filtro de arena y grava lento**

El diseño del filtro de arena y grava se realizó considerando las propiedades de la arena y la grava que figuran en la Tabla 1.

**Tabla 7.** *Características de la grava y la arena para el filtro requerido*

	Grava	Arena
Diámetro (mm)	12-16	0.3-0.4

Porosidad	0.37	0.35
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1680	1328
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.0028	0.011

Fuente: Elaboración propia

En el filtro la velocidad de filtración recomendada es ( $V_f$ ) = 0.10 - 0.20 m/h. A continuación, se efectúa un cálculo básico de la unidad de filtración:

### Área superficial del filtro

$$A = \frac{Q}{V_s}$$

$Q_f$  = caudal a filtrarse (m<sup>3</sup>/h)

$V_f$  = velocidad de filtración (m/h)

$$A = \frac{0,292 \text{ m}^3/\text{h}}{0,10 \text{ m/h}}$$

$$A = 2,92 \text{ m}^2$$

### Generador de ozono

En el trabajo de Santiago (2016), se establece que para determinar la producción de ozono deseada, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$Pd = Ds * Q$$

Donde:

$Pd$ : Producción de ozono deseada (mg O<sub>3</sub>/h)

$Ds$ : Dosis de ozono (mg/l)

$Q$ : Caudal de agua (l/h)

La dosificación de ozono se consigue mediante la realización de pruebas experimentales de la cinética de consumo de ozono, no obstante, según lo especificado por la EPA "Environmental Protection Agency", se recomienda un valor de 1.6 mg por cada litro de agua contaminada (Jiménez, Esperanza, Castellón, &

Peralta, 2009), que en el presente estudio corresponde a 7 m<sup>3</sup>/día (291,67 litros/h), por lo que, se obtuvo:

$$Pd = 1,6 \frac{\text{mg}}{\text{litro}} * \frac{291,67 \text{ litros}}{\text{hora}} = 466,67 \frac{\text{mg}}{\text{hora}} = 0,47 \frac{\text{g}}{\text{hora}}$$

**Estimar los costos de la evaluación de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales.**

En la actualidad, la empresa San Martin Contratistas Generales gestiona las aguas contaminadas a través de la empresa de servicio Innova, que es responsable de extraer con un camión el agua contaminada la cual se encuentra almacenada en dos tanques y la transporta a una estación privada de tratamiento.

Sin embargo, la empresa San Martin Contratistas Generales es responsable de incorporar algunos productos químicos al agua, para la reducción del olor y control de bacterias, con el fin de reutilizar esta agua en algunas de las actividades de la empresa, a continuación, se describen los costos relacionados con la gestión de aguas residuales de las aguas contaminadas:

**Tabla 8.** Costos relacionados con la gestión de aguas residuales de las aguas contaminadas

Elemento	Total, costo anual(S/)
Costo por disposición de agua residual / 57m3	29.092,00
Costo por flete	5.110,00
Costo por químicos de recirculación	27.195,43
<b>Total (S/)</b>	<b>61.397,43</b>

Fuente: Elaboración propia

En productos químicos de limpieza se gastan anualmente S/ 27.195,43 además los costos que se cancelan por el servicio de trasegado efectuado por la empresa Innova

es de aproximadamente S/anual 29.092,00 para un total de S/mes 61.397,43 para la gestión del agua contaminada.

Para establecer los costos relacionados a la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales, se estimó los costos de adquisición de los principales equipos, como se muestra a continuación:

**Tabla 9.** Costos de adquisición de los equipos de la planta de tratamiento de aguas contaminadas

Equipos	Costo Unitario (S/)	Total (S/)
Tanque de floculación con motor para un eje conectada a una hélice	3.500,00	3.500,00
Filtro de arena y grava	2.600,00	2.600,00
Tanque de almacenamiento	1.200,00	1.200,00
Equipo de ozono	1.200,00	1.200,00
Instalación eléctrica	6.000,00	6.000,00
Instalación neumática	6.000,00	6.000,00
Obra civil	8.000,00	8.000,00
Estructura	4.000,00	4.000,00
<b>Total (S/)</b>		<b>32.500,00</b>

Fuente: Elaboración propia

De forma general el costo de inversión de los equipos requeridos para la planta de tratamiento de agua contaminada será de S/ 32.500,00 además se consideró costos de operación y mantenimiento, obteniendo como resultado los siguientes costos de operación anual para la planta de tratamiento, como se muestra a continuación:

**Tabla 10.** Costos de operación anual para la planta de tratamiento

Equipos	Costo Unitario (S/)	Total (S/)
Pruebas de laboratorio	6.800,00	6.800,00
Mantenimiento	1.600,00	1.600,00
Costo de consumibles	1.326,67	1.326,67

Disposición de lodos	1.200,00	1.200,00
Costo por limpieza de pozas	6.000,00	6.000,00
Total (S/)		16.926,67

Fuente: Elaboración propia

Los costos de operación anual de la planta serán de 16.926,67 S, para la evaluación de la rentabilidad del proyecto, los ingresos serán los gastos anuales que se efectúan en la empresa por concepto de gestión de agua contaminada y los egresos corresponde a los costos de operación de la planta, como se muestra a continuación:

**Tabla 11.** *Flujos de efectivo asociado al proyecto*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Ingresos		61.397	61.397	61.397	61.397	61.397	61.397	61.397
Egresos	32.500	16.927	16.927	16.927	16.927	16.927	16.927	16.927
Flujos	-32.500	44.471	44.471	44.471	44.471	44.471	44.471	44.471

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se estimó el valor actual neto es la diferencia entre el valor presente de sus entradas de efectivo y el valor presente de sus salidas de efectivo durante un período determinado y el TIR que corresponde a la tasa de descuento que se necesita para que el VAN de un proyecto sea cero, lo que se traduce en el valor de la tasa de rendimiento anual compuesta esperada que se obtendrá en un proyecto o inversión. Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 12.** *Resultado del VAN y el TIR del proyecto*

VAN ( 7 Años)	S/278.795,33
TIR	137%

Fuente: Elaboración propia

Además, se determinó el periodo de recuperación de la inversión (PRI), que consiste en establecer el tiempo requerido para recuperar el dinero relacionado con la inversión de un proyecto, obteniendo que los siguientes resultados:

**Tabla 13.** Resultados del periodo de recuperación de la inversión (PRI) del proyecto

Periodo de Recuperación de la Inversión - PRI	
Año 0	-32.500
Año 1	11.971
Año 2	56.442
Año 3	100.912
Año 4	145.383
Año 5	189.854
Año 6	234.325
Año 7	278.795

$$PRI = 2 + \frac{(11.971)}{(11.971 - 56.442)} = 1,73 \text{ Años}$$

Lo que implica, que la inversión se recuperará en 8 meses y 23 días aproximadamente.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio con relación a los principales elementos contaminantes en el agua, son concordantes con varios trabajos en los que se destacan altos niveles, que exceden los límites ambientales, en aceites y grasas, así como el DBO y el DQO, como es el caso del estudio de Monney, Amponsah, & Buama (2020), en el que los valores de referencia de descarga de efluentes estipulados en relación a estos parámetros excedieron en algunos casos hasta 68 veces los límites recomendados, mientras que el estudio de Haslina & Zayadi, (2016) indicaron además de altos niveles de aceites y grasas presencia de sólidos suspendidos y surfactantes.

En este sentido, Raia, Sharma, Gurung, Sitaula, & Tachamo (2020) establece que, por lo general, el agua en los auto lavados es grasosa, aceitosa y muy turbia debido a los contaminantes arrastrados desde la carrocería del vehículo. Mientras que Yamil, Umer, Karim, & Amaduddin (2017) las relacionan con las fugas de aceite y grasa, alta presencia de sólidos en suspensión de las pastillas de freno, arena y polvo además de pequeñas cantidades de tensioactivo.

En la actualidad, existen muchas alternativas tecnológicas disponibles para el tratamiento de aguas residuales, que van desde tecnologías avanzadas a las opciones de tratamiento convencionales. Por lo que, el proceso de selección de la tecnología más apropiada de entre un conjunto de alternativas disponibles puede resultar complejo. En este sentido, Kalbar, Karmakar, & Asolekar (2012) establece que es importante evaluar en el entorno de la selección de tecnologías para tratamiento de agua, diferentes factores como los costos de capital, los costos de operación y mantenimiento, además de criterios de sostenibilidad.

Aun cuando, se han realizado varios estudios para seleccionar la tecnología apropiada para un tipo específico de aguas residuales, por ejemplo, aguas residuales domésticas o aguas residuales industriales o para reutilización; aún no se ha definido un procedimiento para la selección de una tecnología apropiada que se adapte tanto al entorno local y que considere criterios de calidad y protección al ambiente; por lo

que, hasta la fecha la selección de tecnologías se sustenta exclusivamente en los resultados anteriores y las eficiencias percibidas en proyectos previos.

En este contexto, la selección de tecnologías a través de la evaluación de opciones se ha efectuado en varios trabajos, destacando el estudio de Cardozo (2017), en el que se evaluaron diferentes alternativas de diseño encaminadas a un correcto tratamiento del agua, para el diseño de una planta de tratamiento para los lavaderos de automóviles.

No obstante, en la actualidad se han utilizado herramientas de toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM) para la selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales apropiadas en diferentes campos, en la que el Analytic Hierarchy Process (AHP) es la herramienta MCDM más aplicada en problemas de toma de decisiones ambientales debido a su metodología más realista, fácil de implementar y transparente (Srivastava & Singh, 2021).

Kalbar et al. (2012) utilizaron el método técnica de preferencia de orden por similitud con la solución ideal (TOPSIS) para clasificar cuatro tecnologías alternativas frente a siete criterios, incluidos varios indicadores ambientales, como sostenibilidad, eutrofización, etc., e indicadores operativos como necesidades de tierra, necesidades de mano de obra, y atributos de costo. Mientras que, Ilangkumaran et al. (2013) aplicaron herramientas fuzzy AHP y Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) para la selección óptima de tecnologías de tratamiento de aguas residuales entre 5 tecnologías: electrocoagulación, SBR, ósmosis inversa, ultrafiltración y digestión anaeróbica en base a tres criterios: (1) social y ambiental, (2) económico y (3) técnico.

En relación con las opciones de técnicas de tratamiento de aguas contaminadas para la evaluación de una planta, las mismas son múltiples incluyendo coagulación/floculación química, electrocoagulación, electrooxidación, filtración granular, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, biofiltros, biorreactores, humedales y adsorción. En este sentido el trabajo de Sarmadi, Foroughi, Najafi, Sanaei, & Allah (2020) demostró que los métodos de tratamiento

de técnicas avanzadas de membrana de filtración, coagulación eléctrica y química y procesos de oxidación avanzada pueden ser efectivos en la eliminación de contaminantes de las aguas residuales de lavado de autos.

Sin embargo, en el estudio de Yamil, Umer, Karim, & Amaduddin (2017), se estableció que el proceso de filtración granular es una técnica efectiva desde el punto de vista técnico y económico para reciclar las aguas residuales de los lavados de autos. Así mismo, Moazzem et al., (2018), evaluó el desempeño de la filtración granular (arena) combinado con coagulación-floculación para el tratamiento de aguas residuales de lavado de autos para su reutilización. En general, el 99,9 % de la turbidez, el 100 % de los sólidos en suspensión y el 96 % de la DQO se eliminaron de las aguas residuales del lavado de autos después de tratarlas mediante coagulación-floculación, filtro de arena y ósmosis inversa.

En el presente estudio, con base a la información recolectada se estableció que el tratamiento con filtro granular es la técnica más apropiada para el agua contaminada, seguido de la ozonización. Recomendando en este sentido, un combinación de filtro granular y un equipo generador de ozono, destacando que el filtro granular tiene como objetivo eliminar sólidos en suspensión, metales pesados y microorganismos patógenos mientras que la unidad de ozono se utiliza como tratamiento final para eliminar todos los residuos orgánicos, bacterias, virus y todos los minerales, incluidos los iones individuales disueltos, además de ser una tecnología económica y de fácil implementación, puede alcanzar altos niveles de eficiencia en la remoción de aceites y grasas y DBO.

Finalmente, resulta fundamental destacar la importancia que reviste este tipo de proyectos para la gestión eficiente y amigable con el ambiente de los residuos contaminantes resultantes de las diferentes actividades comerciales e industriales. En este orden de ideas, en el estudio de Nadzirah, Nor, & Rafidah (2015), se ha determinado que gran cantidad del agua utilizadas en las actividades de lavado y mantenimiento de vehículo, fueron descargadas en sistemas de aguas pluviales y eventualmente terminaron en lagos, ríos y océanos, destacando que, los sedimentos acumulados del lavado de vehículos contienen contaminantes que alcanzan

concentraciones que pueden ser considerada como peligrosas y en el que se incluyen los metales, niveles elevados de aceite y grasa, y los niveles inaceptables de acidez o alcalinidad.

En este sentido, el presente proyecto no solo destaca la necesidad urgente de implementar plantas de tratamiento de aguas contaminadas en las empresas de mantenimiento vehicular, al identificar los contaminantes que se encuentran presentes en el agua y especificar los riesgos para la salud humana y el ambiente que se asocian a estas sustancias; sino que demuestra además, que implementar proyectos de esta naturaleza puede resultar beneficioso en términos económicos para las empresas, lo cual resulta ser un factor determinante al momento de evaluar las opciones tecnológicas disponibles.

## VI. CONCLUSIONES

- Como resultado del análisis fisicoquímico efectuado a las aguas contaminadas de la empresa, se obtuvo que en la Estación EST-1, los parámetros que exceden el VMA son aceites y grasas que dio como resultado 202,1 mg/L siendo el VMA 100 mg/L y en la Estación EST-2, el parámetro Nitrógeno Amoniacal dio como resultado >100 mg/L siendo su VMA 80 mg/L, el parámetro DBO alcanzo valores superiores a 4000 mg/L siendo su VMA 500 mg/L y el parámetro DQO mayor a 10000 mg/L superando su VMA 1000 mg/L.
- Para evaluar las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas disponibles actualmente, se consideró principalmente las características de los fluidos a tratar, los cuales incumplen la normativa ambiental en relación a los parámetros de aceites y grasas, DBO y DBQ, determinando que es necesario evaluar un sistema de tratamiento que alcance el nivel primario avanzado que involucra métodos fisicoquímicos, que implica la eliminación mejorada de sólidos en suspensión y materia orgánica.
- Para evaluar el proceso más adecuado para el tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales, se efectuó una evaluación ponderada de alternativas, con base a un conjunto de criterios establecidos, que incluyo los costos, efectividad, entre otros, obteniendo como resultado la tecnología de filtración. Por lo que, la tecnología propuesta para la planta correspondería a una unidad de floculación y coagulación, filtro de arena y grava, generador de ozono y un tanque de almacenamiento de agua tratada.
- Finalmente se desarrolló la evaluación económica-financiera del proyecto, obteniendo que se requiere una inversión de 32.500,00S. En relación al estudio financiero se obtuvo que el proyecto propuesto posee una rentabilidad del 137%, la inversión se recuperará en 1,73 años, así mismo se calculó un

VAN positivo, lo que indica que los beneficios estimados del proyecto superan sus costos.

- En función de los resultados obtenidos, se concluye que la hipótesis general planteada fue comprobada, por lo que, con la implementación de una planta de tratamiento de agua contaminada con aceites y grasas por la empresa San Martin Contratistas Generales será posible que el agua tratada pueda ser desechada a través del sistema de drenaje.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda contratar a una empresa para el diseño detallado de los equipos, dado que el presente estudio correspondió a una evaluación de alternativas tecnológicas según los requerimientos de cumplimiento de parámetros fisicoquímicos del agua.
- Es recomendable una vez se encuentre la planta instalada, efectuar nuevos estudios de los parámetros fisicoquímicos que validen la reducción de los contaminantes según los requerimientos normativos ambientales.
- Efectuar una evaluación de los impactos ambientales asociados a las actividades que se efectúa en la empresa San Martín Contratistas Generales, empresa San Martín Contratistas Generales, con el fin de determinar nuevas medidas que puedan reducir o mitigarlos.
- Socializar los resultados obtenidos, con el objetivo de promover en otras empresas prestadoras de servicio similares, la implementación de este tipo de proyectos, lo que permitirá reducir los impactos ambientales asociados a esta actividad comercial.

## REFERENCIAS

- A, Y., Umer, M., Karim, S., & Amaduddin, M. (2017). Design of a car wash wastewater treatment process for local car wash stations. *Journal of Pakistan Institute of Chemical Engineers*, 45, 83-95. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/332842928\\_Design\\_of\\_a\\_car\\_wash\\_waste\\_water\\_treatment\\_process\\_for\\_local\\_car\\_wash\\_stations](https://www.researchgate.net/publication/332842928_Design_of_a_car_wash_waste_water_treatment_process_for_local_car_wash_stations)
- Aboulhassan, M., Souabi, S., Yaacoubi, A., & Baudu, M. (2007). Removal of surfactant from industrial wastewaters by coagulation flocculation process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3, 327-332. Obtenido de <http://www.bioline.org.br/pdf?st06041>
- Aladdin, N. (2020). The design for wastewater treatment plant (WWTP) with GPS X modelling. *Cogent Engineering*, 7(1), 1-9. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2020.1723782>
- Albarracín, E. (2018). *Estudio, diseño, y optimización de una PTAR en el lavadero de carros SAMYWAL*. Bogota, Colombia: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas .
- Al-Gheeth, A., Mohamed, R., Rahman, M., Johari, M., & Kassim, A. (2016). Treatment of Wastewater From Car Washes Using Natural. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 136(012046), 1-9. doi:10.1088/1757899X/136/1/012046
- Ali, M., & Idrus, S. (2021). Physical and Biological Treatment Technologies of Slaughterhouse Wastewater: A Review. *Sustainability*, 13(456), 1-20. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su13094656>
- Almeida, C., Borges, D., Bonilla, S., & B.Giannetti. (2010). Identifying improvements in water management of bus-washing stations in Brazi. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 821-831. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344910000091>
- Astonitas, Y. (2018). *ropuesta de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa PEVASTAR S.A.C. para disminuir el impacto ambiental*. Cuenca: Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7691/1/UPS-CT004551.pdf>

- Boluarte, I., Andersen, M., Pramanik, B., & Chang, C. (2016). Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 44–48. Obtenido de <https://daneshyari.com/article/preview/4364067.pdf>
- Capodaglio, A. (2019). Contaminants of Emerging Concern Removal by High-Energy Oxidation-Reduction Processes: State of the Art. *Appl. Sci.* (9), 45-62. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/app9214562>
- Cardozo, J. (2017). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas, para lavado automotor, para la empresa Translogam S.A.S.* Bogota: Fundacion Universidad de las Americas.
- Chu, J., Li, Y., Li, N., & Haung, W. (2012). Treatment of Car-Washing Wastewater by Electrocoagulation-Ultrasound Technique for Reuse. *Advanced Material Research*, 433-440. Obtenido de <https://www.scientific.net/AMR.433-440.227>
- Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 10(6), 1-6. Obtenido de <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- Darban, A., Shahedi, A., Taghipour, F., & Jamshidi, A. (2020). A review on industrial wastewater treatment via electrocoagulation processes. *Current Opinion in Electrochemistry*, 22, 154-169. doi:10.1016/j.coelec.2020.05.00
- Davarnejad, R., Sarvmeili, K., & Sabzehe, M. (2020). Car wash wastewater treatment using an advanced oxidation process: A rapid technique for the COD reduction of water pollutant sources. *Journal of Mexican Chemical Society*, 63, 164-175.
- Diphare, M., Pilusa, J., Muzenda, E., & Mollagee, M. (2013). A Review of Waste Lubricating. *2nd International Conference on Environment, Agriculture and Food Sciences (ICEAFS'2013) August 25-26, 2013 Kuala Lumpur (Malaysia)*, 131-136.
- Eddy, M. (2015). *Ingeniería de aguas residuales*. España: Mcgraw-Hill Inc.
- Guamanquispe, S. (2017). *Diseño de una planta de tratamiento de agua proveniente del lavado de autos en la lavadora "La Unión" En El Sector La Joya*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Guo, J., & Wang, C. (2018). Analysis of Contaminants in Vehicle Maintenance and Repair Enterprise. *Advances in Engineering Research*, 159, 228-236.

- Obtenido de <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icaset-18/25896767>  
 Haryanto, A. (2018). Research Methods in TEFL Studies: Descriptive Research, Case Study, Error Analysis, and R & D. *Journal of Language Teaching and Research*, 9(1), 197-204. Obtenido de <http://www.academypublication.com/issues2/jltr/vol09/01/25.pdf>
- Haslina, N., & Zayadi, N. (2016). Pollutants Characterization of Car Wash Wastewater. *MATEC Web of Conferences*, 47:05008, 1-6. doi:10.1051/matecconf/20164705008
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Hoslett, J., Massara, T., Malamis, i., Ahmad, D., Boogaert, I., Katsou, E., . . . Jouhara, H. (2018). Surface water filtration using granular media and membranes: A review. *Science of the Total Environment*, 639, 1268-1282. Obtenido de <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/16235/3/Fulltext.pdf>
- Ilangkumaran, M., Sasirekha, V., Anojkumar, L., Sakthivel, G., Raja, M., Raj, T., & Kumar, S. (2013). Optimization of wastewater treatment technology selection using hybrid MCDM. *Manag Environ Qual Int J*, 35, 1423–1444. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Optimization%20of%20wastewater%20treatment%20technology%20selection%20using%20hybrid%20MCDM&journal=Manag%20Environ%20Qual%20Int%20J&volume=35&pages=1423-1444&publication\\_year=2013&author=Ilangkumaran%2CM&au](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Optimization%20of%20wastewater%20treatment%20technology%20selection%20using%20hybrid%20MCDM&journal=Manag%20Environ%20Qual%20Int%20J&volume=35&pages=1423-1444&publication_year=2013&author=Ilangkumaran%2CM&au)
- Jiménez, Y., Esperanza, G., Castellón, Y., & Peralta, L. (2009). Evaluación técnica y ambiental de la ozonización en la remoción de cianuro de cobre (i) presente en aguas residuales industriales. *Revista Cubana de Química*, XXI(2), 70-77. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543717011.pdf>
- Kalbar, P., Karmakar, S., & Asolekar, S. (2012). Selection of an appropriate wastewater treatment technology: A scenario-based multiple-attribute decision-making approach. *Journal of Environmental Management*, 158-163. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/231612745\\_Selection\\_of\\_an\\_appropriate\\_wastewater\\_treatment\\_technology\\_A\\_scenario-based\\_multipleattribute\\_decision-making\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/231612745_Selection_of_an_appropriate_wastewater_treatment_technology_A_scenario-based_multipleattribute_decision-making_approach)

- Karimi, A. R., Mehrdadi, N., Hashemian, S. J., Nabi, G. R., & Tvakkoli, R. (2011). Selection of wastewater treatment process based on the analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process methods. *Int. J. Environ. Sci.*, 8(2), 267-280. Obtenido de <http://www.bioline.org.br/pdf?st11025>
- Kumar, S., & Chakrabort, S. (2019). Bioremediation of wastewater from automobile service station in anoxic-. *Chemical Engineering Journal*, 31, 982-989. Obtenido de <http://10.1016/j.cej.2018.12.164>
- Lau, W., Ismail, A., & Firdaus, S. (2013). Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes. *Separation and Purification Technology*, 104, 26–31. doi:10.1016/j.seppur.2012.11.012
- Luu, T. (2020). Tannery wastewater treatment after activated sludge pre-treatment using electro-oxidation on inactive anodes. *Clean Technology and Environment*, 22, 1701-1713. Obtenido de <https://www.springerprofessional.de/en/tannery-wastewater-treatment-afteractivated-sludge-pre-treatment/18248640>
- Machineni, L. (2019). Review on biological wastewater treatment and resources recovery: attached and suspended growth systems. *Water Sci Technol*, 80(11), 2013–2026. Obtenido de <https://iwaponline.com/wst/article/80/11/2013/72258/Review-on-biologicalwastewater-treatment-and>
- Malimen, E., Nico, I., Valotmen, S., Hakala, J., & Mononen, T. (2012). *Biological treatment of car wash wastewaters – A reduction survey*. Kalmar, Suecia: Linnaeus ECO-TECH.
- Mallick, S., & Chakraborty, S. (2019). Bioremediation of wastewater from automobile service station in anoxic-aerobic sequential reactors and microbial analysis. *Chemical Engineering Journal*, 361, 982-989. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894718326500>
- Ming, E., & Wu, Y. (2013). Optimal Design of the Water Treatment Plants. *InTech*, 1-11. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.5772/51038>
- Mirshahghassemi, S., Aminzadeh, B., Torabian, A., & Afshinni, K. (2017). Optimizing electrocoagulation and electro-Fenton process for treating car wash wastewater. *Environmental Health Engineering and Management Journal*,

- 4(1), 37-43. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/44da/c0b1f8f79522b1b207b0c740c2ed33e3f730.pdf>
- Moazzem, S., Wills, J., Fan, L., Roddick, F., & Jegatheesan, V. (2018). Performance of ceramic ultrafiltration and reverse osmosis membranes in treating carwash wastewater for reuse. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25, 8654-8668. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-1121-9>
- Monney, I., Amponsah, E., & Buamah, R. (2020). Clean vehicles, polluted waters: empirical estimates of water consumption and pollution loads of the carwash industry. *Heliyon*, 6(5), 1-6. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7226662/>
- Monney, I., Buamah, R., Donkor, E. A., Etuafu, R., Nota, H., & Ijzer, H. (2019). Treating waste with waste: the potential of synthesized alum from bauxite waste for treating carwash wastewater for reuse. *Environmental Science and Pollution Research Interna*, 26, 2755-12764. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30877548/>
- Muñoz, B., & Romana, M. (2016). Aplicación de métodos de decisión multicriterio discretos al análisis de alternativas en estudios informativos de infraestructuras de transporte. *Pensamiento matemático*, VI(2), 27-46. doi:ISSN 2174-0410
- Nadzirah, Z., Nor, H., & Rafidah, H. (2015). Removal of important parameter from car wash. *Applied Mechanics and Materials*, 773, 1153-1157. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.1153
- Nayir, T., & Kara, S. (2017). Container washing wastewater treatment by combined electrocoagulation–electrooxidation. *Journal Separation Science and Technology*, 531-12. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01496395.2019.1567548>
- Pinto, A., Drossi, L., Melo, R., Assis, T., & Ribeiro, V. (2017). Carwash wastewater treatment by micro and ultrafiltration membranes: Effects of geometry, pore size, pressure difference and feed flow rate in transport properties. *Journal of Water Process Engineering*, 17, 143-148. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714416305633>

- Presidente de la República. (2019). *Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA)*. Lima, Perú.
- Priya, M., & Jevanthi, J. (2019). Removal of COD, oil and grease from automobile wash water effluent using electrocoagulation technique. *Mechanical Journal*, 150, 104070. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X19310537>
- Raia, R., Sharma, S., Gurung, D., Sitaula, B., & Tachamo, R. (2020). Assessing the impacts of vehicle wash wastewater on surface water quality through physicochemical and benthic macroinvertebrates analyses. *Water Science*, 39-49. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/11104929.2020.1731136>
- Rubi, H., Barrera, E., & Hernandez, I. (2015). A combined electrocoagulation-electrooxidation process for carwash wastewater reclamation. *International Journal of Electrochemical Science*, 10, 6754-6767. Obtenido de <http://www.electrochemsci.org/papers/vol10/100806754.pdf>
- Samad Gholami Yengejeh<sup>1</sup>, H. J. (2011). The use of electro-coagulation process for removal of turbidity, COD, detergent and phosphorous from carwash effluent. *Journal of Water and Wastewater*, 22, 19-25. Obtenido de <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=213750>
- Santiago, R. (2016). *Generador de ozono para una planta de tratamiento de agua en piscinas recreativas*. Ibarra- Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5637/1/04%20MEC%20136%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Sarmadi, M., Foroughi, M., Najafi, H., Sanaei, D., & Allah, A. (2020). Efficient technologies for carwash wastewater treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-17. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11356-02009741-w>
- Shabbazi, R., kemashahi, R. K., Gharavi, S., Moosavi, Z., & Borzooee, F. (2013). Screening of SDS-degrading bacteria from car wash wastewater and study of the alkylsulfatase enzyme activity. *Iran Journal of Microbiology*, 3., 153-15. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23825734/>
- Shete, B., & Simkar, N. (2014). Use of membrane to treat car wash wastewater. *Journal for Research in Science and Advanced Technologies*, 3(1), 13-19.

- Obtenido de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.670.926&rep=rep1&type=pdf>
- Singha, N., Nagpal, G., Agrawal, S., & Rachna, A. (2018). Water purification by using Adsorbents: A Review. *Environmental Technology & Innovation*, 11, 187–240. doi:10.1016/j.eti.2018.05.006
- Srivastava, R., & Singh, P. (2021). Reuse-focused selection of appropriate technologies for municipal wastewater treatment: a multi-criteria approach. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 1-9. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13762021-03803-3>
- Ucar, D. (2017). Membrane processes for the reuse of car washing wastewater. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 8, 169-175. Obtenido de <https://iwaponline.com/jwr/article/8/2/169/38021/Membrane-processes-forthe-reuse-of-car-washing>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Educación*, 33(1), 155-165. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- Vasilachi, I., Mihaela, D., Ionela, D., & Gavrilescu, M. (2021). Occurrence and Fate of Emerging Pollutants in Water Environment and Options for Their Removal. *Water*, 13(2), 181. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/w13020181>
- Vásquez, J., & Cadenillas, B. (2018). *Diseño de un centro de lavado de autos con reutilización de agua en la ciudad de Chiclayo*. Pimentel, Perú : Universidad Señor de Sipán.
- Wang, L., Shammash, N., & Hung, T. (2009). *Advanced Biological Treatment Process*. New Jersey, USA: Humana Press. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-60327-170-7>
- Yamil, A., Umer, M., Karim, S., & Amaduddin, M. (2017). Design of a car wash wastewater treatment process for local car wash stations. *Journal of Pakistan Institute of Chemical Engineers*, 45, 83-95. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/332842928\\_Design\\_of\\_a\\_car\\_wash\\_waste\\_water\\_treatment\\_process\\_for\\_local\\_car\\_wash\\_stations](https://www.researchgate.net/publication/332842928_Design_of_a_car_wash_waste_water_treatment_process_for_local_car_wash_stations)

Yang, L., She, Q., Wan, M., Wang, R., Chang, V., & Tang, C. (2017). Removal of haloacetic acids from swimming pool water by reverse osmosis and nanofiltration. *Water Res.*, 116, 116–125. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.03.025>

Zaneti, R., Etchepare, R., & Rubio, J. (2012). More environmentally friendly vehicle washes: water reclamation. *Journal of Cleaner Production*, 37, 115-124. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652612003113>

## ANEXOS

Anexo 1. Valores máximos admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario

ANEXO N° 1

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

ANEXO N° 2

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr+6	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO4-2	1000
Sulfuros	mg/l	S-2	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amónico	mg/l	NH+4	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/lh	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Fuente: (Presidente de la República, 2019)

Anexo 2. Matriz de operacionalización de las variables

Variable		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
VI	Aguas contaminadas con aceites y grasas	Son aguas que se encuentran alteradas en su composición química debido a la adición de sustancias contaminantes como aceites y grasas.	Corresponde a los parámetros fisicoquímicos en las aguas producida en la empresa que incumplen con la normativa nacional	BDO, DQO, aceites y grasas	Concentración de los parámetros fisicoquímicos	Nominal
VD	Evaluación de planta de tratamiento	Representa una evaluación y decisión sobre varias propuestas tecnológicas que lograrán los mismos objetivos en términos de calidad del agua final y las cuales además deben satisfacer una serie de consideraciones técnicas propias del proceso y contexto evaluado.	Corresponde a la selección y dimensionamiento de elementos que componen un sistema de tratamiento que tiene como fin obtener los parámetros de calidad de agua	Sistemas de tratamiento	Medidas de los componentes que integran la planta de tratamiento	Nominal

			establecidos en la normativa nacional			
--	--	--	------------------------------------------	--	--	--

### Anexo 3. Matriz de consistencia

<p>¿Cuáles son los agentes contaminantes presentes en el agua proveniente de los mantenimientos efectuados en la empresa San Martin Contratistas Generales?</p>	<p>Identificar los agentes contaminantes presentes en el agua proveniente de los mantenimientos efectuados en la empresa San Martin Contratistas Generales.</p>	<p>Los agentes contaminantes presentes en el agua proveniente de los mantenimientos efectuados en la empresa San Martin Contratistas Generales, serán grasas y aceites</p>		
<p>¿Cuáles serán las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas disponibles actualmente para la evaluación de una planta?</p>	<p>Determinar las opciones técnicas de tratamiento de aguas contaminadas disponibles actualmente para la evaluación de una planta.</p>	<p>Existe disponible, múltiples opciones de técnicas de aguas</p>	<p>principalmente Variable dependiente: opciones de Evaluación de tratamiento de planta de contaminadas para la evaluación de una planta.</p>	<p>Medidas de los componentes que integran la planta de tratamiento</p>
<p>Problema</p>	<p>Objetivo</p>	<p>Hipótesis</p>	<p>Variables</p>	<p>Indicadores</p>

---

<p>¿Será posible que, a través la evaluación de una planta de tratamiento de agua contaminada con aceites y grasas, el agua tratada pueda ser desechada a través del sistema de drenaje?</p>	<p>Evaluar una planta de de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales</p>	<p>la implementación de una planta de tratamiento de agua independiente: Concentración de grasas por la empresa San Aguas los parámetros Martin Contratistas Generales permitirá que el agua tratada aceites y grasas pueda ser desechada a través del sistema de drenaje</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<p>Específicos:</p> <p>3. ¿Cuál será el proceso más adecuado para el tratamiento de aguas de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San</p>	<p>Específicos:</p> <p>3. Evaluar el proceso más adecuado para el tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la</p>	<p>Específicos:</p> <p>3. El proceso más adecuado para el tratamiento de aguas <u>contaminadas con grasas</u></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<p>empresa San Martin Contratistas Generales?</p>	<p>aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales.</p>	<p>Martin Contratistas Generales, será el que reduzca en mayor proporción el DBO, DQO, PH y sea menos costoso.</p>
---------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<p>4. ¿los costos de la evaluación de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales</p>	<p>serán inferiores a los que se requiere actualmente para su disposición final?</p> <p>4. Estimar los costos de la evaluación de la planta de tratamiento de aguas</p>	<p>contaminadas con aceites y grasas para la empresa San Martin Contratistas Generales.</p> <p>4.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

Anexo 4. Parámetros para evaluar en la caracterización fisicoquímica del agua contaminada

Parámetro	Método		Año de Edición
	Código	Título	
Aceites y Grasas	EPA – 821-R-10-001 Method 1664 Revisión B.	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.	2010
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA- AWWA-WEF 2540 D 23rd. Ed.	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	2017
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part. 5210 B 23 <sup>rd</sup> Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	2017
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5220 D, 23rdEd.	Closed Reflux. Colorimetric Method.	2017
Potencial de Hidrógeno pH <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500 -H+ B,23rd Ed	pH Value. Electrometric Method.	2017
Sólidos Sedimentables <i>In situ</i>	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 2540 F, 23 <sup>rd</sup> Ed.	Solids. Settleable Solids.	2017
Aluminio Total	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part. 3030 E, 3030 B y 3111 D. 23rd Ed.	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion/ Filtration for Dissolved and Suspended Metals/ Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method	2017

Temperatura <i>In situ</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23 <sup>rd</sup> Ed. (Excepto parte 2)	Temperature. Laboratory and Field Methods.	2017
Cobre Total, Cadmio Total, Plomo Total, Zinc Total, Manganeso Total, Níquel Total	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part. 3030 E, 3030 B y 3111 B. 23 <sup>rd</sup> Ed.	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion. Filtration for Dissolved and Suspended Metals / Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.	2017
Arsénico Total	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part 3030 B, 3114 C. 23 <sup>rd</sup> Ed.	Preliminary Treatment of Samples. Filtration for Dissolved and Suspended Metals / Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method.	2017
Boro	SMEWW - APHA AWWA-WEF Part. 4500-B C. 23 <sup>rd</sup> Ed. Excepto 4(a)	Boron. Carmine Method.	2017
Cianuro Total	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part. 4500-CN-C, F. 23 <sup>rd</sup> Ed	Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Cyanide-Ion Selective Electrode Method	2017
Cromo Hexavalente	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr, B, 23 <sup>rd</sup> Ed.	Chromium. Colorimetric Method	2017
Cromo Total	METHOD 7000 B Revision 2 February 2007 // Method 3010A Revision 1 July 1992	Flame Atomic Absorption Spectrophotometry/ Acid Digestion of Aqueous Samples and Extracts for Total Metals for Analysis by Flaa or ICP Spectroscopy	1992

Mercurio Total	SMEWW - APHA - AWWA - WEF Part. 3112 B 23rd Ed.	Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry. ColdVapor Atomic Absorption Spectrometric Method.	2017
Sulfatos	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-SO <sub>4</sub> ( <sup>2-</sup> ) E, 23rd Ed.	Sulfate.Turbidimetric Method.	2017
Sulfuros	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-S <sup>2-</sup> D, 23rd Ed.	Sulfide. Methylene Blue Method	2017
Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-NH <sub>3</sub> C, 23rd Ed.	Nitrogen (Ammonia). Titrimetric Method	2017
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method		



## Anexo 5. Soporte de los resultados de laboratorio

## INFORME DE ENSAYO FQ N° 210612-032

**Nombre del Cliente** : SAN MARTIN CONTRATISTAS GENERALES S.A.  
**Dirección de la Empresa** : JR. MORRO SOLAR NRO. 1010 URB. JUAN PABLO DE MONTERRICO LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO  
**Solicitado por** : R-LAB S.A.C.

### DATOS DE LA MUESTRA

**Procedencia** : Centro De Reparación Y Distribución Central  
**Muestreo** : Realizado por CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.(\*)  
**Referencia** : NS 21013132  
**Orden de Trabajo** : 05630 . 0621  
**Cantidad de Muestras** : 4  
**Presentación** : -  
**Fecha de Muestreo** : 10 de Junio de 2021  
**Fecha de Recepción** : 11 de Junio de 2021  
**Fecha de Inicio de Ensayos** : 11 de Junio de 2021  
**Fecha de Término de Ensayos** : 12 de Junio de 2021  
**Condiciones de Recepción** : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ET-1	12:15 p.m.	-	8617317	0307907	-
EST-1	12:45 p.m.	-	8617312	0307918	-
ET-2	01:50 p.m.	-	8617326	0307916	-
EST-2	01:20 p.m.	-	8617274	0307964	-

### MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Conductividad (Campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method

#### Observaciones:

- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
- Este Informe de Ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (\*) NTP ISO 5667-10 (Rev. 2018 para el muestreo de Aguas residuales). Calidad de agua. Muestreo Parte 10 Guía para el muestreo de aguas residuales.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
 CON REGISTRO N° LE-045**



## INFORME DE ENSAYO FQ N° 210612-032

Código del Cliente	ET-1	EST-1	ET-2	EST-2	
Descripción del Punto	-	-	-	-	
Código de Laboratorio	21013132(1)	21013132(2)	21013132(3)	21013132(4)	
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (INDUSTRIAL)	AGUA RESIDUAL (INDUSTRIAL)	AGUA RESIDUAL (INDUSTRIAL)	AGUA RESIDUAL (INDUSTRIAL)	
Fecha de muestreo	10/06/2021	10/06/2021	10/06/2021	10/06/2021	
Hora de muestreo	12:15 p.m.	12:45 p.m.	01:50 p.m.	01:20 p.m.	
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Conductividad (Campo)	uS/cm	1	-	9640	9680 9790 4430

Emitido en Lima, el 12 de Junio de 2021

  
 Ing. Eli M. Estrada Domínguez  
 Jefe Lab. Físico Químico - Ambiental





### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, Villalobos Ponce Jorge Alberto egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado: " Evaluación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas con aceites y grasas", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de febrero de 2022

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
Villalobos Ponce Jorge Alberto DNI: 40938337 ORCID: 0000-0002-8292-3436	