

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TRAMPA DE ACEITES Y GRASAS
CONVENCIONAL EN LA DEPURACIÓN BÁSICA DE UN EFLUENTE DE
LAVADO DE VEHÍCULOS – NIVEL DE LABORATORIO**

Tesis

para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

VÁSQUEZ GARGATE JOSH MANUEL



Asesor

Ing. M.Sc. PAREDES SALAZAR JOSÉ LUIS

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de julio del 2022 a horas 08:00 a. m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TRAMPA DE ACEITES Y GRASAS CONVENCIONAL EN LA DEPURACION BASICA DE UN EFLUENTE DE LAVADO DE VEHICULOS – NIVEL DE LABORATORIO”

Presentado por el Bachiller: **VASQUEZ GARGATE JOSH MANUEL**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

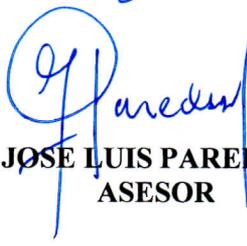
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 20 de enero de 2023


Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
PRESIDENTE


Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
MIEMBRO


Ing. Mg. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO
MIEMBRO


Ing. M.Sc. JOSE LUIS PAREDES SALAZAR
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 040 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TRAMPA DE ACEITES Y GRASAS CONVENCIONAL EN LA DEPURACIÓN BÁSICA DE UN EFLUENTE DE LAVADO DE VEHÍCULOS – NIVEL DE LABORATORIO	VÁSQUEZ GARGATE JOSH MANUEL	12% Doce

Tingo María, 03 de marzo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

DEDICATORIA

*A mi madre María Luz GARGATE
SEVILLANO por siempre creer en mí.*

*A mi padre Tarcicio VÁSQUEZ
VILLANUEVA por sus consejos para
guiarme por el buen camino*

*A mis hermanos Leonardo y Sheyla por
motivarme en cumplir mis proyectos en la
vida.*

*A mis abuelos, Paula SEVILLANO
BASUALDO y Marcial Gargate
Ventura por sus buenos deseos de
superación y anhelo de triunfo en la
vida.*

AGRADECIMIENTO

Al MSc. Ing. José Luis PAREDES SALAZAR JOSÉ LUIS por el constante apoyo en el proceso de ejecución de la investigación para corregir y mejorar el trabajo de investigación.

Al MSc. Ing. Víctor Manuel BETETA ALVARADO por las sugerencias brindadas en esta investigación.

A mis amigas Camila, Kateren, Julissa, Anngly, Poqui, Naike, Karen, Maricela por su apoyo incondicional en lo académico y moral cada vez que las necesitaba.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
Antecedentes internacionales.....	3
Antecedentes nacionales	4
2.2. Contaminación	5
2.3. Contaminación Hídrica	5
2.4. Grasas y aceites.....	5
2.5. Lubricantes.....	6
2.6. Aceite usado.....	6
2.7. Contaminación del agua por los aceites.....	7
2.8. Trampas de aceites y grasas	7
2.9. La eficiencia en remoción de trampa de aceites y grasas	7
2.10. Parámetros fisicoquímicos	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1. Lugar de ejecución.....	10
3.2. Material y métodos.....	10
3.2.1 Materiales y equipos	10
3.2.2. Metodología	11
3.2.2.1. Criterios de la investigación:	11
3.2.2.2. Diseño e implementación de una trampa de aceites y grasas convencional para la depuración básica del efluente de lavado de vehículos a nivel de laboratorio.....	12
3.2.2.3. Caracterización de un efluente de los locales que brindan servicio de lavado de vehículos y simulación a nivel de laboratorio.	13

3.2.2.4. Determinación del nivel de eficiencia de las trampas de aceite y grasas con respecto a los efluentes simulados de lavado de vehículos	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1. Diseño e implementación de un sistema experimental a escala de laboratorio en la remoción de aceites y grasas a diferentes condiciones de operación	15
4.2. Obtención de un efluente tipo urbano simulando una concentración de aceites y grasas con las características fisicoquímicas y organolépticas típicas.	17
4.3. Determinación del nivel de eficiencia de las trampas de aceite y grasas con respecto a los efluentes simulados de lavado de vehículos	19
V. CONCLUSIONES	24
VI. PROPUESTAS A FUTURO	25
VII. REFERENCIAS	26
VIII. ANEXOS	30
Apéndice 1. Toma de datos experimentales	30
Apéndice 2. Resultados del análisis estadístico.....	33
Apéndice 3. Imágenes del desarrollo de la investigación.....	35

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Cuadro de los tratamientos para el diseño de investigación.	12
2. Caracterización de las muestras de agua residual de tres locales	17
3. Valores de los parámetros de caracterización del agua residual.....	18
4. Valores de los parámetros fisicoquímicos del Diseño A (30cm x 20cm x 10cm.....	19
5. Valores de los parámetros fisicoquímicos del Diseño B (40cm x 10cm x 10cm).....	19
6. Comparación de las tasas de remoción de aceites y grasas, DBO ₅ y Sólidos Totales...	19
7. Análisis de varianza para los resultados de reducción de aceites y grasas, DBO ₅ y Sólidos Totales.....	20
8. Prueba de Tukey para evaluación de medias para reducción de aceites y grasas, DBO ₅ y sólidos totales obtenidas por los diseños de la trampa de aceites y grasas.....	20
9. Determinación de la DBO ₅ , a la entrada y salida de la trampa de aceites y grasas en los diseños A y B	30
10. Determinación de Aceites y Grasas, a la entrada y salida de la trampa de aceites y grasas en los diseños A y B.....	31
11. Determinación de Sólidos Totales, a la entrada y salida de la trampa de aceites y grasas en los diseños A y B.....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación de Laboratorio de Calidad de Agua – UNAS.....	10
2. Diseño de la investigación	11
3. Diseño en 3D del sistema experimental de la investigación.....	13
4. Implementación del sistema experimental de la investigación.....	15
5. Caracterización de sistema experimental – inicio de los tratamiento.....	16
6. Comparación de porcentajes de remoción en los parámetros fisicoquímicos evaluados, entre los diseños de trampas de aceites y grasas.....	21
7. Revisión de los compartimentos de la trampa de aceites y grasas de la investigación.....	35
8. Revisión del ensamblaje y dimensiones de la trampa de aceites y grasas.....	35
9. Revisión del montaje del agitador del tanque de alimentación.	36
10. Revisión del funcionamiento del agitador de tanque de alimentación.	36
11. Implementación preliminar del sistema experimental de la investigación.....	37
12. Verificación de volumen y hermeticidad de las partes del sistema experimental.	37
13. Rectificación del volumen del tanque de alimentación.	38
14. Medición del peso de aceite combustionado, recolectado en un taller de mecánica. ...	38
15. Adición del aceite combustionado para preparación de agua residual.	39
16. Visualización del desplazamiento de gotas de aceite en el agua.	39
17. Complemento de la preparación del agua residual con adición de polvo de cacao.....	40
18. Dispersión de las partículas de polvo de cacao en el agua.	40
19. Adición de ácido clorhídrico para ajuste de pH.....	41
20. Homogenización del agua residual de la investigación.....	41
21. Condiciones de inicio de los tratamientos en la investigación.	42
22. Sistema experimental durante la ejecución de las pruebas experimentales.....	42
23. Operación y control del sistema experimental.....	43
24. Visualización de la formación de las películas de aceite en los compartimentos.....	43
25. Vista en planta de la trampa de aceites y grasas, con formación de películas de aceite...44	
26. Toma de muestras iniciales para caracterización del agua residual.....	44
27. Toma de muestras a la salida del sistema experimental.	45
28. Medición del pH del agua a la salida del sistema experimental.	45
29. Medición del oxígeno disuelto durante la ejecución de los tratamientos.	46

30. Análisis de aceites y grasas de las muestras.	46
31. Extracción del aceite con el solvente orgánico eter de petróleo.	47
32. Análisis de sólidos totales en la entrada y salida.	47
33. Muestras para análisis de DBO del agua residual.....	48

RESUMEN

En la presente investigación, se estudió el efecto de la variación que del diseño para una trampa convencional de aceites y grasas, modificando la amplitud de sus compartimentos, con el objetivo de mejorar su eficiencia y la calidad del efluente artificial de un local de lavado de vehículos. El trabajo se realizó a nivel laboratorio, implementando un sistema experimental que constó de un tanque de alimentación de 20 L con motor de agitación y de una trampa de aceites y grasas de vidrio, con capacidad de 9 000 mL y provistas de pantallas móviles y deslizables para modificar las dimensiones que resultaron en los diseños: A de divisiones 30 cm, 20 cm y 10 cm; y B de 40 cm, 10 cm y 10 cm; así mismo se preparó el agua residual a partir de un volumen de aceite combustionado de motor y polvo de cacao. Los parámetros evaluados fueron, la concentración de sólidos totales, así como la demanda bioquímica de oxígeno, el diseños de trampas de aceites y grasas con un estimado tiempo de retención hidráulica de 45 minutos. Los resultados obtenidos, evidenciaron que la trampa con diseño A, que consta de compartimentos establecidos de mayor a menor capacidad, mejora la eficiencia en la remoción del contenido de aceites y grasas, al igual que los sólidos totales y la demanda bioquímica de oxígeno, obteniendo valores de 95,20%, 91,83% y 38,27% de remoción respectivamente. Mediante una prueba de Tukey, se concluyó que hay diferencia significativa entre los diseños A y B de la trampa de aceites y grasas, el análisis fue realizado, a un nivel de confiabilidad del 95.

Palabras clave: Trampa de aceites y grasas convencional, Concentración de Sólidos Totales, Efluentes de talleres automotrices, Demanda Bioquímica de Oxígeno, remoción eficiente de aceites y grasas.

ABSTRACT

Design proposal of a conventional oil and grease trap in the basic purification of an automotive mechanic's workshop effluent – laboratory

In the present investigation, the effect of varying the design of a conventional oil and grease trap was studied, modifying the width of its compartments, with the aim of improving its efficiency and the quality of an artificial effluent from an automotive workshop. The work was carried out at the laboratory level, implementing an experimental system that consisted about 20 L feeding tank with stirring motor and a glass oil and grease trap, with a capacity of 9 000 mL and provided with movable and sliding screens for modify the dimensions that resulted in the designs: the A has the dimensions 30 cm, 20 cm and 10 cm, and the B has the dimensions 40 cm, 10 cm and 10 cm; likewise, the residual water was prepared from a volume of combusted motor oil and cocoa powder. The parameters evaluated were the concentration of oils and fats, the concentration of total solids and the biochemical oxygen demand, the designs of the oil and grease trap with a hydraulic retention time of 45 minutes. The results obtained shows that the trap with design A, which consists of compartments established from higher to lower capacity, improves the efficiency in the removal of the content of oils and fats, total solids and biochemical oxygen demand, obtaining values of 95,20%, 91,83% and 38,27% removal respectively. Through a Tukey test, it was possible to determine that there is a significant difference between designs A and B of the oil and grease trap, working at a reliability level of 95%.

Keyword: Conventional oil and grease trap, Total Solids Concentration, Automotive workshop effluent, Biochemical Oxygen Demand, Oil and grease removal efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas la contaminación a los cuerpos de agua se incrementó considerablemente, por la aparición de nuevos contaminantes o el incremento de la concentración de los ya existentes, que hacen que las tecnologías aplicadas no sean suficientes para la depuración de aguas residuales a niveles que no signifiquen un daño al medio ambiente. Para contrarrestar este problema el estado peruano viene realizando esfuerzo para prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental; para reducir el efecto de los impactos ambientales producidos por el vertimiento industrial que se altera a un cuerpo de agua, originando ese desequilibrio a sus características fisicoquímicas y finalmente a la calidad ambiental.

Se sabe que en el Perú solo existe un 35% de lo que se generan en total las aguas residuales y éstas reciben un tratamiento previo al momento de ser depurado al cuerpo de agua. Considerando que parte de estos efluentes son provenientes de diversas industrias. Un caso específico presenta las empresas de servicio de lavado de autos, que generan efluentes con valores elevados en su concentración de aceite y grasa, los mismo que deterioran las grandes infraestructuras e instalaciones sanitarias, porque se tiene como información que los efluentes llegan a ser vertidos de manera directa a los alcantarillados.

En esta investigación se busca aporte para la mejora de los diseños y operatividad de una trampa de aceites y grasas convencionales, que son equipos básicos en el pretratamiento de aguas residuales, que requiere de un mantenimiento y evaluación a fin de que operen alcanzando la eficiencia deseada, la misma que se es afectada ante el uso de nuevos productos que alteran la composición fisicoquímica de un agua residual.

En los siguientes capítulos se describe de manera general, como mejorar este diseño de trampa de aceites y grasas convencional en la generada depuración básica para un agua residual en los locales que brindan el servicio de lavado de vehículos a nivel de laboratorio, según la evaluación de la operación bajo diferentes dimensiones y ubicación de compartimentos de la trampa convencional del sistema experimental, posteriormente se detallan características del agua residual de un taller de servicio de mecánica simulando con una concentración de aceites y grasas como se determinó y comparó las tasas de remoción de aceites y grasas, DBO₅ y sólidos totales obtenidos.

Según lo descrito líneas arriba podemos plantear el siguiente problema: ¿Cómo influye el diseño de una trampa de aceites y grasas convencional en la depuración básica del efluente

de lavado de vehículos a nivel de laboratorio? Y se formula la siguiente hipótesis: La propuesta de diseño de una trampa de aceites y grasas convencional influye variando la eficiencia de depuración básica de un efluente de lavado de vehículos a nivel de laboratorio.

1.1. Objetivo general

Proponer el diseño de una trampa de aceites y grasas convencional en la depuración básica del efluente de lavado de vehículos a nivel de laboratorio

1.2. Objetivos específicos

Diseñar e implementar una trampa de aceites y grasas convencional para la depuración básica del efluente de lavado de vehículos a nivel de laboratorio.

Caracterizar un efluente de los locales que brindan servicio de lavado de vehículos y simularlo a nivel de laboratorio.

Determinar el nivel de eficiencia de las trampas de aceite y grasas con respecto a los efluentes simulados de lavado de vehículos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Para Vidales, et al. (2010), los aceites y grasas que se presentan en estos efluentes industriales dentro de una empresa automotriz, se tiene entendido que no sólo provocan problemas para su tratamiento donde se encuentran dispuestas, sino que su difusión puede contaminar directamente al agua y suelo. Entonces se propusieron probar nuevas metodologías de depuración con materiales como Goma Arábica y Resina Epoxi, para evaluar su eficiencia en la remoción de las grasas, las cuales alcanzaron un porcentaje del 70% al 80%, un aspecto importante que mencionan estos investigadores es acerca de la variabilidad del contenido de grasas de las muestras procedentes de diferentes lugares.

Montalvo (2013), investigó la eficiencia en la remoción de aceites y grasas que se disponen en aguas residuales de una empresa que realiza el proceso de refinación de petróleo, mediante la adición de ciertos reactivos químicos y para separar a través de la flotación natural o con el otro método de aire disuelto, y según sus resultados afirmó que, se obtuvieron buenos resultados de remoción de grasas y aceites mezclando la sustancia química de sulfato de aluminio más otros compuestos como los polímeros y cloruro férrico, también se agregaron polímeros catiónicos aplicados de manera individual con resultados que oscilaron entre 70 y 90%. Evaluando ventajas en los productos utilizados en la investigación, se destaca el empleo de un floculante catiónico por la reducción del volumen obtenido en los lodos y las remociones de aceites y grasas en valores de porcentaje de reducción arriba del 79%. La aplicación de un proceso mixto (coagulación – flotación) más el aire disuelto, dieron como resultado una óptima remoción de aceites y grasas al 80% y en DQO, un 55%.

Aziz et al. (2010), realizaron un estudio para evaluar el rendimiento de un dispositivo de reducción de grasa convencional y el impacto de las modificaciones de la geometría interna en la eficiencia de eliminación de grasa, aceite. El análisis se realizó utilizando resultados experimentales y fluido computacional dinámica CFD en diseños alternativos de entrada, salida y pared deflectora. Los resultados numéricos y experimentales indicaron que el diseño convencional de dos compartimentos provoca un cortocircuito sustancial de aceites y grasas, cuando se opera con un tiempo de retención hidráulica de 20 minutos, que se acercó a niveles

de rendimiento obtenidos con las configuraciones estándar de tiempo de retención hidráulica de 1 h.

Chu y Ng (2000), evaluaron la posibilidad de mejorar las trampas de grasa tradicionales en Hong Kong, mediante la instalación de sedimentadores tubulares dentro de la trampa. Se examinó su eficiencia para eliminar la demanda química de oxígeno (DQO) y el aceite/grasa para justificar el rendimiento y se descubrió que la instalación de un sedimentador de tubos es una forma factible y económica de mejorar la trampa de grasa convencional, ya que mejoró la eficiencia de eliminación de aceite/grasa en un 8-10 % en comparación con el diseño convencional.

Antecedentes nacionales

En el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez de Lima – Perú, Esquirva (2016), realizó un estudio donde se realizó la remoción de aceites y grasas en aguas residuales domésticas aplicando un tratamiento con lodos activados, donde se produce la biodegradación por microorganismos.

El trabajo se ejecutó a escala de laboratorio en un sistema discontinuo o batch, compuesto por un reactor, donde el medio es la biomasa de los lodos activados extraída de un PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), y este sustrato son los aceites y grasas residuales domésticas obtenidos de una trampa de grasa. El autor de la investigación menciona que la solubilidad del aceite en el agua fue un problema, el cual fue solucionado utilizando dos mecanismos de mezcla: el primero por inyección de aire y el segundo por agitación mecánica. Durante la ejecución de los ensayos experimentales se monitorearon las concentraciones de aceite y grasas, bajo ciertas condiciones de pH, temperatura y tiempo de contacto, reportó hasta un 46.8% de remoción de aceites y grasas. Analizando los resultados, se puede afirmar que la agitación mecánica es ideal en este tipo de trabajo, y la ventaja que representa el uso de los lodos activados de las plantas de tratamiento de agua residual, al ser un subproducto que se utiliza para reducir los aceites y grasas en dichas aguas residuales domésticas. Es importante que, según un análisis de costos realizado, resultó viable llevar el piloto a escala real.

También como uno de los antecedentes nacionales, podemos mencionar la investigación que realizó Contreras (2006), quien se centró en aquellos establecimientos que no poseen un correcto mantenimiento y también para sistemas de saneamiento que realizan el tratamiento de estos efluentes en un proceso de saneamiento y recuperación de hidrocarburos líquidos para trampas de aceites y grasas los locales que brindan servicio de combustible y lavado de vehículos. Esto está basado en sus resultados obtenidos de los diferentes establecimientos

muestreados donde se observó que exceden su límite permisible en 100ppm de concentración de aceites y grasas.

Loarte (2020) realizó pruebas de separación de aceites y grasas por gravedad en, muestras reales de distinto puntos de centros comerciales de Lima; comparando la eficiencia de una trampa de grasa de diseño convencional con un diseño mejorado en cuyo interior dispuso de placas paralelas y verticales colocadas en un orden alterno en su parte experimental trabajó con tres tiempos de retención de 10, 20 y 40 minutos de tratamiento. La eficiencia de remoción de aceites y grasas con la trampa de grasa con pantallas internas verticales a 10 y 20 minutos de tiempo de retención, permitieron los rangos de 80% a 85% y 93% a 96% respectivamente siendo el tiempo de retención de 20 minutos el que garantiza el cumplimiento de la normativa de los VMA.

2.2. Contaminación

La Organización Mundial de la Salud, emite una definición de contaminación del agua, la cual se basa en la alteración de su composición de forma a la que no se pueda juntar las condiciones necesarias para ser usada beneficiosamente mediante el consumo del organismo humano como de los animales.

Recai (2005), define a la contaminación como el daño antropogénico, debido que existe contaminación por las acciones que realiza el hombre, adicionando diversas clases de materiales o inserción de energía calorífica, actos que se obtienen a cantidades significativas y ocasionan alteraciones indeseables al suelo, aire o agua. Según el caso de aquellos materiales que se denominan contaminante.

2.3. Contaminación Hídrica

Para Contreras (2006), la contaminación denominada hídrica, se produce cuando el agua es utilizada en las actividades de un taller, que por ende llegan a mezclarse con algunas sustancias químicas o derivados del hidrocarburo, cambian su composición fisicoquímica y éstos son vertidos a la red de alcantarillado, en concentraciones que supera los valores permitidos. Entre los más comunes que contaminan el agua a gran escala, se podrían mencionar: agua mezclada con grasa y aceite, agua de la limpieza que se realizó a una instalación y el agua después del lavado de objetos. También se consideran varios tipos de derrames: el de productos peligrosos, los tóxicos en alcantarillados y los residuos que quedan al momento de realizar alguna tarea de pintura. Las consecuencias en el cuerpo de agua son; la disminución de oxígeno, la ganancia de sólidos y de sustancias orgánicas e inorgánicas. Las aguas subterráneas, generalmente presentan un aumento de salinidad, producto de la contaminación.

2.4. Grasas y aceites

Haciendo referencia a la definición de Contreras (2006), quien menciona que los lípidos son compuestos de naturaleza biológica que presentan buena solubilidad para solventes no polares como éter, cloroformo y benceno, y se consideran insolubles en agua, característica que se ve influenciada por la naturaleza diversa de estas moléculas, tanto como en la estructura química y la función biológica. Así podemos citar a las grasas y aceites, los jabones, ácidos grasos, etc.

Cuando se habla de “grasas y aceites”, se relaciona al estado elemental físico, sólido o líquido que contiene este tipo de lípidos y no se considera el cambio en cualquier otra propiedad, significa que su estructura química no varía. Químicamente se sabe que están conformados por ésteres a través de la condensación (unión) de ácidos grasos con glicerol.

2.5. Lubricantes

Según Sntaxi Beltrán (2012), se puede considerar los lubricantes a los que están compuestas por aceites y grasas, que son sustancias sólidas, semisólidas o líquidas que se aglomeran para formar una lámina, que se distribuye entre las piezas de un vehículo (partes del motor, por ejemplo) y atenúa la fricción entre éstas reduciendo ese rozamiento que hay en las partes móviles de las piezas. Sobre el origen de esta sustancia, se puede obtener de forma: sintética o mineral, hasta animal o vegetal. Y se pueden clasificar en:

- Líquidos, aquellos que ampliamente pueden ser utilizados para la automoción y otras para aplicaciones industriales como las compresoras, turbinas, etc.
- Semisólidos, es el aceite de forma líquida que es retenida por un agente espesante.
- Sólidos, se utiliza en lubricantes líquidos que son de difícil aplicación o incompatibles para trabajar a muy altas temperaturas o bajas presiones, etc.

2.6. Aceite usado

El aceite usado es ese aceite que se obtuvo por medio del hidrocarburo, más conocido como petróleo crudo refinado o también el aceite sintético en sus diferentes variedades que se usó y se obtuvo un hidrocarburo contaminado con residuos de impurezas físicas o químicas (Widman, 2009). La sustancia del aceite usado debe cumplir ciertos criterios:

Por origen: tiene que cumplir la condición de ser procedente de un proceso de refinamiento de petróleo crudo o producido de materiales sintéticos.

Basado en su uso: deben ser aquellos que fueron utilizados en líquidos hidráulicos, lubricantes, medios de flotación, fluidos para la transferencia de calor y en otras actividades que tengan similitud a aceites usados.

Por su efecto contaminante: un aceite usado se puede contaminar según la utilidad y manejo que se le da, presentando en su mayoría los residuos de impurezas tanto físicas como químicas.

2.7. Contaminación del agua por los aceites

Widman (2009) menciona que el potencial contaminante de los aceites se fundamenta en que éstos no pueden disolverse en los cuerpos de agua, esto quiere decir que no son biodegradables y que por gravedad forman unas películas impermeables, las cuales impiden en su mayoría el paso de oxígeno y rayos solares al cuerpo de agua, ocasionando la muerte de los seres vivos que se encuentren en el agua y la tierra. También se sabe que este contaminante no solo obstruye el paso de oxígeno, sino que tienden a extenderse conteniendo productos tóxicos, los cuales son ingeridos de manera directa o indirecta por los seres humanos.

2.8. Trampas de aceites y grasas

Una trampa de aceites y grasas es una estructura implementada por compartimentos dispuesto estratégicamente para la retención de agua residual, que mayormente suele utilizarse para separar en su mayoría los residuos sólidos de gran tamaño y también las grasas que descienden por los equipos donde se realizan el lavado y preparación de estos alimentos que se generan en los restaurantes, locales de comidas rápidas, hoteles, hospedajes, plantas de producción y sobre todo en locales que se realicen procesos industriales.

Las famosas trampas de grasas y aceites o como suelen llamarlo técnicamente “separadores de hidrocarburos”, es una instalación conformada por un tanque ubicado en donde está el desagüe de la fuente y otro en el sistema de alcantarillado, para separar y recolectar todo este material generado en aceites y grasas de agua utilizada, para así prevenir que dichos residuos contaminante alcancen la red principal de alcantarillado (Widman, 2009)

2.9. La eficiencia en remoción de trampa de aceites y grasas

Según Chinchilla (2015), las variables más influyentes para la eficiencia en remoción de las trampas de aceites y grasas son: caudal, días de operación 21 (sin limpieza) altura de grasas y altura de sólidos sedimentados.

2.10. Parámetros fisicoquímicos

➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO₅

Se define como el conjunto de oxígeno utilizado por aquellos microorganismos aerobios que ayudan a oxidar de manera metabólica la materia orgánica presente en la muestra de agua. Su procedimiento consiste en calcular la diferencia que hay entre el oxígeno disuelto que se encontró en la muestra inicial y lo que se ha medido en función al tiempo estimado de incubación.

El proceso de incubación empieza en una cámara regulada a una temperatura estimada de 20°C, en ausencia de luz. Es posible que en algunos casos si en la muestra no se observan microorganismos de forma regular o natural, se procederá a sembrar un cultivo que contiene bacterias aerobias. La variación que existe en el OD (Oxígeno Disuelto) calculado después de cinco (05) días en condiciones estándar nos brinda información acerca del carbono orgánico biodegradable que existe en una muestra. (Aznar, 2000)

➤ Factores que influyen en la DBO₅

Cuerpo de agua que contenga materia orgánica en forma disuelta y coloidal puede medirse como Demanda Bioquímica de Oxígeno, una prueba científica en la que se utilizan técnicas estandarizadas en los centros de investigación como los laboratorios, para así decidir las necesidades relativas de oxígeno en la depuración de aguas residuales, contaminadas y tratadas.

El pH y la temperatura intervienen directamente en el crecimiento biológico; otro mecanismo importante que genera las variaciones de la determinación de la DBO es la medición de ésta en periodos más largos y cortos.

➤ Oxígeno Disuelto – OD

Se considera como la abundancia de oxígeno molecular disuelto en un cuerpo de agua producto de la asociación de factores como la presión, temperatura y desarrollo de fotosíntesis, que es esencial para los riachuelos y lagos, pues la presencia o ausencia de oxígeno es un indicador en el grado de contaminación. Los efectos de los niveles de oxígeno que se obtienen del oxígeno disuelto en proporciones muy bajas indicarán que algunos organismos como los peces no puedan sobrevivir (Romero, 1998).

Para descomponer los residuos orgánicos producidos por los seres vivos, se requiere la actividad de las bacterias aeróbicas, ya que se necesita el consumo de oxígeno para realizar los procesos de biodegradación. Una sobreabundancia de este tipo de residuos provoca la multiplicación de microorganismos y el consumo de oxígeno, poniendo en peligro la presencia de peces y otros seres vivos.

➤ Temperatura

Es un parámetro fisicoquímico que influye en la calidad de los cuerpos de agua, modificando las condiciones de desarrollo normal de los microorganismos y disminuye la solubilidad de los gases. Cuando un cuerpo de agua presenta temperaturas altas, sufre una caída brusca en concentración de oxígeno disuelto. Pero, cuando la temperatura es baja, la concentración de oxígeno disuelto es favorable.

➤ pH

Al hablar del pH (potencial de Hidrógeno), se refiere al parámetro fisicoquímico que mide la concentración de iones hidrógeno y su expresión matemática es $\text{pH} = \log (1 / [\text{H}^+])$. El factor ácido o alcalino de la solución acuosa que afecta directamente a un cuerpo de agua a sus usos específicos es determinado por los resultados obtenidos en su pH.

Se puede determinar su medida del pH usando diferentes dispositivos entre ellos: el pH-metro calibrado por un método potenciométrico utilizando un electrodo de pH; el otro método más práctico y desechable es a través de un papel que tiene una característica especial en determinar el pH por coloración.

➤ Sólidos Suspendidos Totales

Partículas dispersas en un cuerpo de agua, resistente a la sedimentación cuando se somete a reposo. Son los responsables de presentar un color aparente de agua que evita la captación de la luz del sol al interior del agua; ocasionando la pérdida de organismos acuáticos.

El método gravimétrico sirve para determinar los sólidos totales en suspensión, su procedimiento empieza con obtener una muestra del cuerpo de agua mediante un papel filtro, luego se seca la muestra obtenida por el papel filtro a una temperatura de 103 – 105 °C. Y, finalmente, se pesa el filtro, ya que de esa manera se determinará calcular los sólidos totales en suspensión (UNITEK, 1993).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se ejecutó en las instalaciones del Laboratorio de Calidad del Agua a cargo de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en el distrito Rupa – Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; geográficamente se localiza a 390695 Este y 8970225 Norte, a 600 m.s.n.m. y una temperatura promedio anual de 24°C.

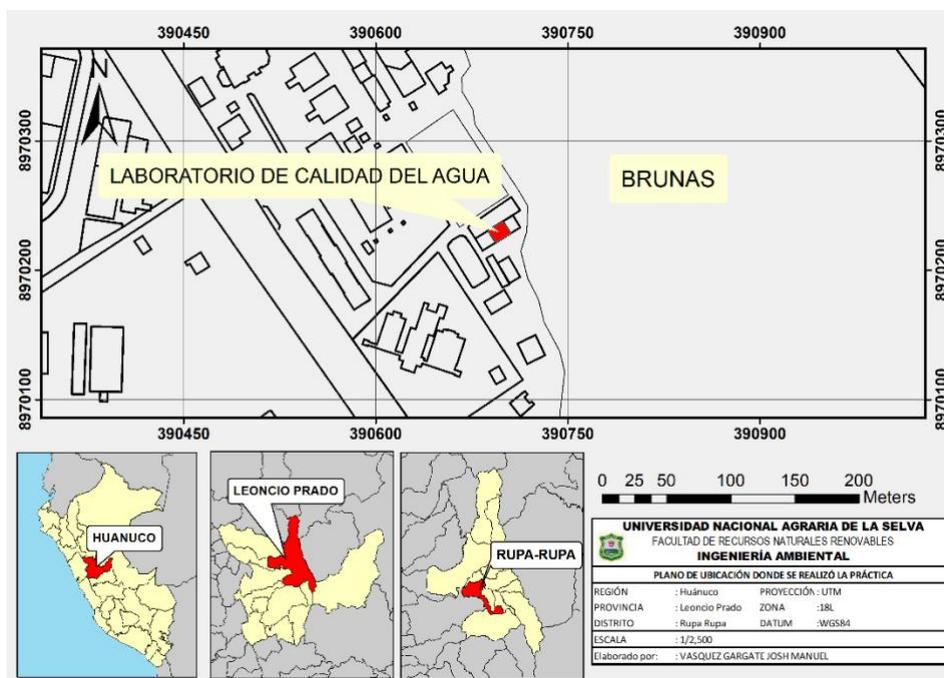


Figura 1. Mapa de ubicación de Laboratorio de Calidad de Agua – UNAS.

3.2. Material y métodos

3.2.1 Materiales y equipos

Materiales de laboratorio

Pizeta, bureta, soporte universal, caso precipitado, matra de Erlenmeyer, probeta, pera de decantación, crisol, gotero, varillas de vidrio, Sulfato de manganeso ($MnSO_4$), yoduro de potasio (KI), ácido sulfúrico al 98% (H_2SO_4), almidón al 10%, permanganato de potasio ($KMnO_4$), agua destilada y éter de petróleo. También se utilizaron algunos materiales de gabinete tales como mascarillas, guantes, guardapolvo, vidrio de 8mm, mangueras de silicona en barra, taladro, baldes (23L y 10L), llaves de paso 7/8", tubos 3/4", libreta de apuntes, lista de verificación, rotuladores, plumones, lapiceros. Los equipos que fueron utilizados son: Oxímetro

Lamotte, cámara de DBO, laptop, estufa Memmert, cocina eléctrica de laboratorio, refrigeradora, balanza analítica Sartorius, pH-metro HANNAH, cronómetro digital.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Criterios de la investigación:

Nivel de investigación: explicativa

Tipo de de investigación: aplicada.

Diseño de investigación: Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con un solo factor, dos niveles y 9 repeticiones.

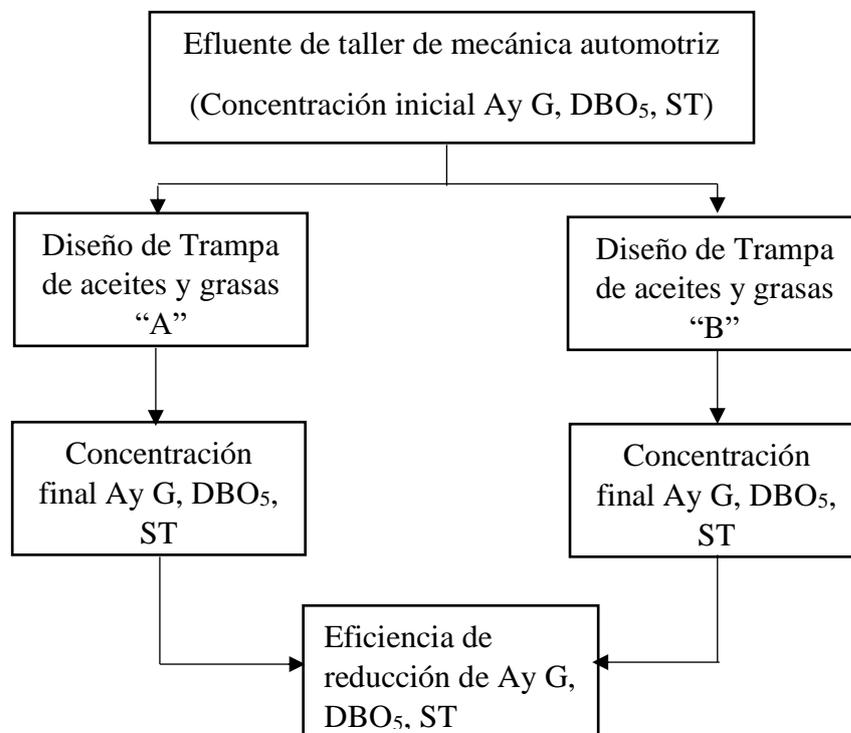


Figura 2. Criterios de la investigación

Unidad Experimental: Efluente de lavado de vehículos

Variable independiente: Diseño de una trampa de aceites y grasas convencional (Diseño A y B)

Variable dependiente: Depuración básica del efluente de lavado de vehículos

Variables intervinientes: Caudal, Homogenización del efluente, tiempo de retención.

Análisis estadístico: Con la ayuda del programa estadístico Info Stat, se realizó un ANVA y un análisis de correlación entre el diseño de la trampa de aceites y grasas y la eficiencia de

depuración de las variables evaluadas y se determinó la diferencia significativa entre los tratamientos y la significancia de con la prueba Tukey.

Tratamientos

Tabla 1. Cuadro de los tratamientos para el diseño de investigación.

Variable respuesta	Factor: Diseño de trampa de aceites y grasas	
	Diseño “A” de trampa de Ay G	Diseño “B” de trampa de Ay G
Depuración básica del efluente de lavado de vehículos	Diseño A/ reducción de DBO ₅ , Ay G y ST del efluente	Diseño B/ reducción de DBO ₅ , Ay G y ST del efluente

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2. Diseño e implementación de una trampa de aceites y grasas convencional para la depuración básica del efluente de lavado de vehículos a nivel de laboratorio.

Se implementó un sistema experimental con las características que se muestran en la Figura 2 con los siguientes materiales: una pantalla de vidrio portátil que permitió variar el tamaño y ubicación de las cámaras para evaluar el efecto conseguido, respecto a tiempo de retención y variación de flujo de entrada.

Se trabajó con dos variaciones de una trampa de aceites y grasas modelo convencional, de vidrio de 8 mm con dimensiones 60 x 10 x 15 cm, con pantallas deslizables que tuvieron la finalidad de ampliar y reducir las cámaras de entrada. Para el sistema denominado “A” se tuvo los siguientes compartimentos: 30 cm, 20 cm y 10 cm; y un segundo sistema denominado “B”, con compartimentos 40 cm, 10 cm y 10 cm.

El sistema presentó un tanque de alimentación con un motor de mezcla para mantener la homogeneidad del afluente con aceites y grasas preparado.

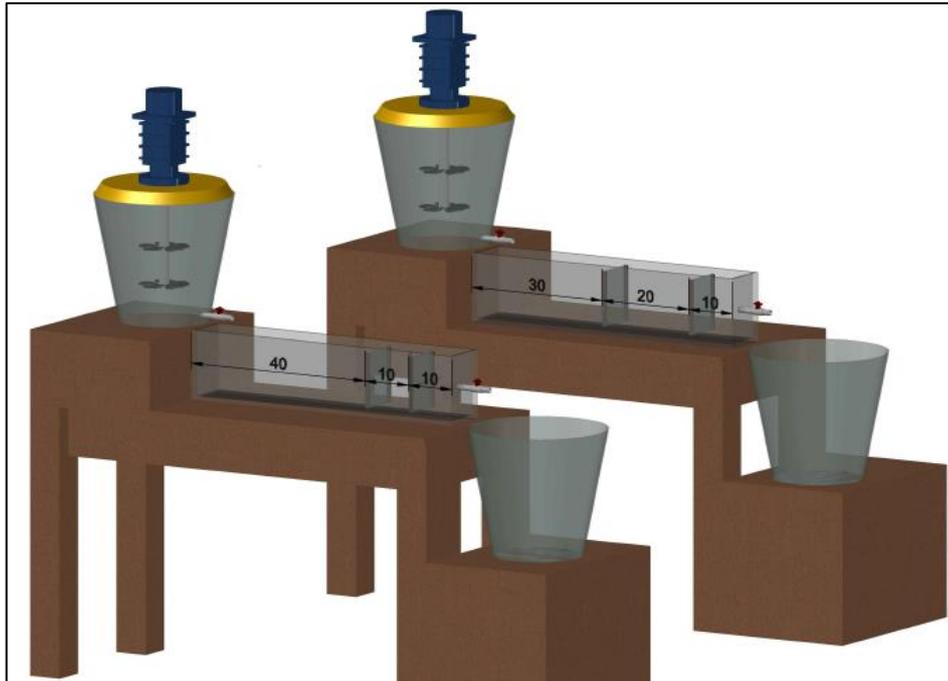


Figura 3. Diseño en 3D del sistema experimental de la investigación.

3.2.2.3. Caracterización de un efluente de los locales que brindan servicio de lavado de vehículos y simulación a nivel de laboratorio.

Para la preparación del afluente de aceites y grasas, de forma preliminar se colectaron muestras de tres locales de servicio de lavado de vehículos ubicados en la ciudad y se analizaron la DBO_5 , la concentración de Ay G y los sólidos totales, con esta información, se procedió a simular un efluente para la investigación, para lo cual se trabajó con aceite quemado, proveniente de un taller de vehículos a partir del cual se preparó 20L de afluente con 1000 mg/L de aceite, 2000 mg/L de polvo de cacao, a fin de simular los sólidos totales y carga orgánica. Posteriormente se ajustó el pH entre 5 y 6 para proceder al mezclado con agitación por 24 horas antes de su uso. La preparación de este efluente permitió trabajar en condiciones homogéneas de efluente.

3.2.2.4. Determinación del nivel de eficiencia de las trampas de aceite y grasas con respecto a los efluentes simulados de lavado de vehículos

Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO

$$DBO_5 = \left\{ \left[\frac{(OD_{ad} * V_{ad}) + (OD_m * V_m)}{V_b} \right] - OD_f \right\} * \frac{V_b}{V_m}$$

DBO_5 = Demanda Bioquímica de Oxígeno.

OD_{ad} = Oxígeno disuelto del agua en dilución.

V_{ad} = Volumen del agua en dilución.

OD_m = Oxígeno Disuelto de la muestra utilizada.

- V_m = Volumen de la muestra utilizada.
 V_b = Volumen de la botella para incubación.
 OD_f = Oxígeno Disuelto final de la dilución.

Determinación de Sólidos Totales - ST

La determinación de ST se realiza, conforme a la norma UNE 77-033-82, para lo cual se somete a evaporación, un volumen conocido de muestra, aproximadamente hasta las 2/3 partes del volumen inicial y la tercera parte final se evapora en la estufa secando el residuo a 105°C, hasta obtener un peso constante, enfriando en una cámara aislada con silicagel, expresado el resultado en mg/L. Así conocemos el contenido total de sustancias no volátiles presentes en el agua (Aznar, 2000).

$$SST(mg/L) = \left[\frac{P2 - P1}{V} \right] * 1000$$

Donde:

- SST = Concentración de Sólidos Suspendedos Totales en mg/L.
 $P1$ = Peso del filtro en miligramos (mg).
 $P2$ = Peso del filtro conteniendo residuo seco a 103 – 105°C en miligramos (mg).
 V = Volumen de la muestra tomado en mililitros (APPA, 2015).

Determinación de Aceites y Grasas

Se conocen dos métodos para determinación de aceites y grasas, entre ellos tenemos por extracción en caliente o por medio de un disolvente orgánico que no se mezcla con el agua mediante un volumen conocido del cuerpo de agua, regulando su $pH \leq 2$, seguidamente se determina la cantidad presente por pesada, una vez separado el disolvente de la fase orgánica (AZNAR, 2000).

$$AyG_{mg/l} = \left[\frac{WT_{mg} - WR_{mg}}{Vm_{(L)}} \right]$$

Donde:

- A y G = Concentración de Aceites y Grasas en mg/L.
 WT = Peso Total en miligramos.
 WR = Peso del contenedor en miligramos.
 Vm = Volumen de muestra en litros. (APPA, 2015)

Cálculo de eficiencia de reducción de los contaminantes

$$\% \text{ de Reducción} = [100 \times (C_{\text{inicial}} - C_{\text{Final}})] / C_{\text{inicial}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diseño e implementación de un sistema experimental a escala de laboratorio en la remoción de aceites y grasas a diferentes condiciones de operación

Se realizó una operación en flujo continuo, con agua residual alimentada desde un tanque de 20L con agitación, conteniendo aceite y sólidos en suspensión.



Figura 4. Implementación del sistema experimental de la investigación.

La válvula de salida fue de $\frac{1}{2}$ " de diámetro con caída a la trampa de aceites y grasas a nivel de laboratorio.

Se construyó en vidrio transparente de 8mm de espesor, provisto de pantallas deslizables, para obtener las condiciones de operación de la investigación. Las dimensiones de la trampa de aceite y grasas fueron 60cm x 10cm x 15cm, lo cual hace un volumen de 9000cm^3 . La parte terminal de la tubería de salida fue de $\frac{1}{2}$ " y se ubicó a 2 cm de la base. Las pruebas experimentales permitieron establecer un caudal de 200ml/m con un tiempo de retención hidráulica de 45 minutos.



Figura 5. Caracterización de sistema experimental – inicio de los tratamientos.

Aziz et al.(2011) evaluaron la operatividad de una trampa de aceites y grasas ante la modificación en su geometría interna y los resultados experimentales indicaron que el diseño de dos compartimentos conduce a un cortocircuito sustancial en la concentración de aceites y grasas, cuando se opera a un TRH (Tiempo de Retención Hidráulica) de 20 minutos. La configuración de entrada y la disposición de la pared deflectora produjeron mejoras en la eliminación de aceites y grasas con el TRH de 20 minutos que se acercó a la eliminación de niveles de rendimiento obtenidos con las configuraciones estándar de 1 hora de tiempo de retención hidráulica.

Las trampas de grasa son a menudo tanques multicompartimentales donde la descarga que contiene grasa se retiene durante mucho tiempo, lo suficiente para que la grasa pueda subir a la superficie del agua y los sólidos puedan depositarse en el fondo, ya que de esa manera se pueda descargar el agua al alcantarillado (Ragauskas et al., 2013).

Desde 2007, aparecieron nuevas trampas de grasa en Finlandia, las cuales, equipadas con una alarma de llenado para ayudar a determinar el nivel de aceites y grasas, que alternativamente debe registrarse inspeccionando físicamente el GTS (Grease Trap System) para determinar el espesor de lodos y aceites y grasas presentes (Van der Veen, 2013).

La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME) establece que el estándar ASME requiere que los receptores de grasa eliminen un mínimo del 90% de total de aceites y grasas entrante (Ragauskas et al., 2013).

El modelo de la trampa de grasa y su ubicación fue un factor determinante en el rendimiento de la unidad, como es, el tamaño de los glóbulos de aceite, dentro de las unidades (Ducoste et al., 2008; Gallimore et al., 2011).

Gallimore et al.(2011) determinaron que una trampa de grasa podría alcanzar una eliminación de aceites y grasas del 80%, pero podría ser tan baja como el 8%. Hay varios diseños de trampas de grasa, éstas, se pueden comprar preformadas o se pueden diseñar de acuerdo con los estándares del código de plomería. Por lo general, el agua ingresa al lado del afluente del tanque que se divide desde el lado del efluente con un deflector ubicado a 2/3 del camino desde el extremo del afluente. El agua fluye a través del deflector a través de una abertura de aproximadamente 1/3 de la distancia hacia abajo desde la parte superior del tanque.

4.2. Obtención de un efluente tipo urbano simulando una concentración de aceites y grasas con las características fisicoquímicas y organolépticas típicas.

Para la obtención del efluente simulado, se procedió a tomar una muestra de 1000 mL de los efluentes de tres locales que ofrecen servicio de vehículos motorizados en Tingo María y se realizó una caracterización, para conocer los valores referenciales para la preparación del efluente simulado, para lo cual, se mezclaron 1000 mg/L de aceite combustionado de motor, proveniente de un taller de reparación de vehículos y 2000 mg/L de polvo de cacao, sometiéndola a una agitación frecuente con un motor de 150 rpm, luego se procedió a caracterizar el agua (Tabla 3).

Tabla 2. Caracterización de las muestras de agua residual de tres locales.

Parámetro	Local 1	Local 2	Local 3
Volumen de muestra (mL)	1000	1000	1000
pH	5,7 – 6,0	5,4 – 6,1	5,0-5,8
Temperatura(°C)	26	26,2	25,8
Sólidos Totales (mg/L)	1855	1994	2345
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg de O ₂ / L)	512,21	729,54	645,56
Aceites (mg/L)	997,5	1321,2	1145,6

Tabla 3. Valores de los parámetros de caracterización del agua residual.

Parámetro	Diseño A	Diseño B	Unidad
pH	5,4 – 6,3	5,1 – 6,0	-
Temperatura	26	26.2	°C
Sólidos Totales	1560	1560	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	606,23	659,45	mg de O ₂ / L
Aceites	1093,3	1133,3	mg/L

Cuando se realizó la caracterización del agua simulada como un agua residual generado de un local que brinda servicio de lavado de vehículos en Toluca, provenientes directamente del área de lavado, presentaron los siguientes valores en la concentración de grasas y aceites, DQO total, ST y turbiedad con rangos entre 1344 a 4855 mg/L, 3994 a 7329 mg/L y 1490 a 3770 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez), respectivamente (Rubí, 2007).

En su investigación sobre el tratamiento de aguas residuales de estaciones de gasolina aplicando una ozonización catalítica, Hernandez et al.(2019), realizaron la caracterización del agua como parte de su metodología, llegando a determinar una 430 mg/L en DBO; 12,9 mg/L en Aceites y Grasas y 7,14 en pH.

Stoll y Gupta (1997) encontraron que las aguas residuales de los restaurantes asiáticos en Tailandia tienen una concentración de Aceites y Grasas en 730 a 1100 mg/L. esta gran cantidad de aceites y grasas surge del efluente de un restaurante de comida rápida. El menú de estos restaurantes se compone principalmente de pollo frito, marisco, papas fritas y aderezos para ensaladas que contienen una gran cantidad de aceites y grasas.

Abalos et al.(2007) realizaron una investigación sobre la caracterización de los efluentes de una planta de refinación de aceite de soja en Cuba, obteniendo como resultado un valor de pH de 9,7 unidades y en SS (sólidos sedimentables) en 0,2 ml/L. También se determinaron valores de 40 232,50 mg/L y 16 629,00 mg/L en DQO y DBO₅, respectivamente; mientras que su concentración de 18 537,13 mg/L, donde se puede observar valores elevados de la concentración de aceites y grasas.

Guilcamaigua et al.(2019) realizaron la investigación para determinar la remoción de aceites y sólidos suspendidos por efecto del tratamiento con absorbentes naturales y el tratamiento de coagulación – floculación en aguas residuales de lavadoras y lubricadores de vehículos. Los resultados obtenidos en las muestras de agua, según los objetivos de estudio

fueron: Turbiedad: 454 UNT, DQO: 199 729 mg/L y una concentración de Aceites y Grasas en 87 000 mg/L.

4.3. Determinación del nivel de eficiencia de las trampas de aceite y grasas con respecto a los efluentes simulados de lavado de vehículos

Tabla 4. Valores de los parámetros fisicoquímicos de la muestra final de agua residual obtenida de la trampa de aceites y grasas del Diseño A (30cm x 20cm x 10cm).

Parámetro	Valor	Unidad
pH	5,6	pH
Temperatura	26,5	°C
Sólidos Totales	127,3	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	377,56	mg de O ₂ /L
Aceites y Grasas	53,3	mg/L

Tabla 5. Valores de los parámetros fisicoquímicos de la muestra final de agua residual obtenida de la trampa de aceites y grasas del Diseño B (40cm x 10cm x 10cm).

Parámetro	Valor	Unidad
pH	5,7	pH
Temperatura	26,3	°C
Sólidos Totales	321,7	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	521,22	mg de O ₂ /L
Aceites y Grasas	133,3	mg/L

Tabla 6. Comparación de las tasas de remoción de aceites y grasas, DBO₅ y Sólidos Totales obtenidas por los diseños de la trampa de aceites y grasas.

Parámetro	Inicial		Final		% Variación	
	A	B	A	B	A	B
pH	5,9	5,6	5,6	5,7	5	-2
Temperatura (°C)	26	26,2	26,5	26,2	2	0

Sólidos Totales (mg/L)	1560	1562,89	127,48	324,57	91,83	79,23
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	606,22	659,44	377,56	521,22	38,27	21,00
Aceites y Grasas (mg/L)	1093,52	1133,56	53,67	133,56	95,20	88,34

Se observa en la Tabla 6 que, la modificación de las dimensiones de los compartimentos de las cámaras de la trampa de aceites y grasas sí influye en la tasa de remoción de los parámetros evaluados, con una diferencia considerable en la remoción de aceites y grasas y en sólidos totales.

Tabla 7. Análisis de varianza para los resultados de reducción de aceites y grasas, DBO₅ y Sólidos Totales obtenidas por los diseños de la trampa de aceites y grasas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Remoción de A y G	18	0,73	0,71	2,54
% Remoción de DBO ₅	18	0,61	0,58	24,76
% Remoción de ST	18	1,00	1,00	0,50

Tabla 8. Prueba de Tukey para evaluación de medias para reducción de aceites y grasas, DBO₅ y sólidos totales obtenidas por los diseños de la trampa de aceites y grasas.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
A y G/Diseño A	95,20	9	0,78	A
A y G/Diseño B	87,95	9	0,78	B
DBO ₅ /Diseño A	38,27	9	2,45	A
DBO ₅ /Diseño B	21,00	9	2,45	B
ST/Diseño A	91,83	9	0,14	A
ST/Diseño B	79,23	9	0,14	B

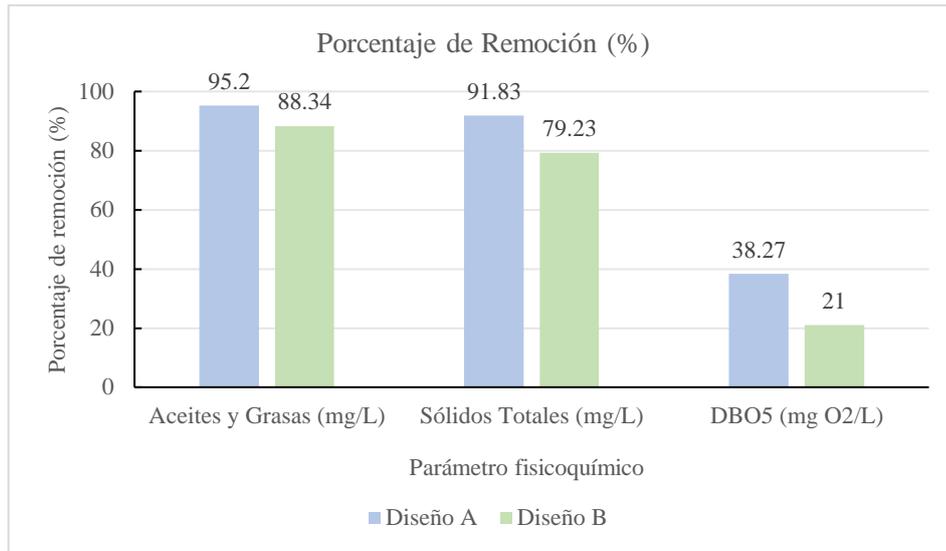


Figura 6. Comparación de porcentajes de remoción en los parámetros fisicoquímicos evaluados, entre los diseños de trampas de aceites y grasas.

Las altas tasas de remoción son causadas por la mayor capacidad de volumen en los dos primeros compartimentos de la trampa de aceites y grasas, que se complementa con el efecto del siguiente compartimento. El mayor espacio de la cámara genera la mayor coalescencia de las micelas de aceite, resultado de mayor tamaño y con facilidad para adherirse a la película aceitosa en ascenso y aquellas que no llegan a coalescer en el primer compartimento lo hacían en el segundo compartimento al impactar sobre las paredes de la pantalla de separación.

El efecto de la intensidad del flujo a la entrada de la trampa de aceite y grasas aporta mucho a la distribución de micelas de aceites y grasas en toda la cámara incrementando la coalescencia cuando impactan en las paredes del compartimento que hace que reduzca la turbulencia del flujo.

Por otro lado, el efecto de la división de la trampa de aceites y grasas en tres compartimentos, y el desplazamiento del flujo coadyuvan al descenso de sólidos totales, por efecto de la gravedad, los cuales se iban acumulando en la base de la trampa, ejerciendo un efecto de atracción entre las partículas suspendidas que van formando un volumen de lodos en forma progresiva.

Los experimentos realizados con los diseños de las trampas de aceites y grasas permitieron reducir 95,2% y 88,34% de la concentración de aceites y grasas del efluente simulado, valores que son elevados en ambos diseños, comparados con los valores de depuración de Vidales et al.(2010), quienes trabajaron en la depuración de efluentes con aceites

y grasas reales utilizando goma Arábica y resina Epoxi, y obtuvieron una eficiencia en la remoción de las grasas de 70% a 80%.

Respecto a la remoción de aceites y grasas y la DBO₅, Montalvo(2013) realizó un estudio en depuración de efluentes de una refinería de petróleo, y destacó la aplicación de un proceso mixto (coagulación – flotación) más el aire disuelto, con resultado óptimo de remoción de aceites y grasas de 80% y DQO de 55%, de estos resultados podemos deducir que la eficiencia de reducción de aceites y grasas, es considerable con un 95,2% por el diseño “A”, sin embargo la reducción de DBO₅ con 38,27%, podría asimilarse a la eficiencia de este estudio, ya que la DBO₅, forma parte de la DQO.

Aziz et al. (2010) realizaron estudios para evaluar el desempeño del sistema de trampa de grasas; donde establecieron que la efectividad de retención de aceites y grasas varía del 20% al 80%, si las trampas de grasa están diseñadas incorrectamente o mal mantenidas. Por lo tanto, el mantenimiento de las unidades es esencial para reducir la entrada de aceites y grasas al sistema de alcantarillado.

Chu y Ng (2000) investigaron los efectos del uso de tubos sedimentadores, en un diseño de interceptor de grasa tradicional, para determinar si esta modificación de diseño mejoraría el rendimiento. En su investigación, utilizaron un agua residual sintética, que contenía aceite de maní y midieron la concentración de aceite y grasa y la demanda de oxígeno químico del efluente, en este estudio demostraron que se puede lograr una mejora en su eficiencia de remoción de aceite/grasa de 8% con la adición de sedimentadores de tubos paralelos a la placa de separación y un 70% de reducción de la DQO. La eficiencia de remoción se puede lograr con una reducción en el TRH en un 60%.

Esta mejora de rendimiento se obtuvo cuando el TRH fue menor de 30 min, con un valor superior a 30 min, la adición de sedimentadores de tubo no mostró mejora significativa en la eliminación de DQO. Esto coincide con los resultados de Rhee et al. (1983) sobre las mejoras en el rendimiento, observadas con un aumento sustancial de la TRH en separación por gravedad de desechos aceitosos.

La mayor eficiencia de remoción de aceites y grasas se alcanzó con el diseño A y fue de 95,2% esta es muy similar a la reportada por Loarte (2020) quien trabajó con efluentes de lugares de comerciales con trampas de aceites y grasas provistas de placas fijas verticales y traslapadas, que afectaban el tiempo de retención. En este estudio, se reportó que la mayor eficiencia alcanzada fue de 96%, con 20 minutos de tiempo de retención.

Nisola et al. (2009) investigaron la determinación de aceites y grasas en aguas residuales originadas por restaurantes mediante colonia de bacterias inmovilizadas. Aunque se realizó una

validación de campo del estudio realizado utilizando la tecnología de células inmovilizadas con resultados positivos, se proporcionaron pocos detalles sobre las prácticas del restaurante durante las horas de operación y el mantenimiento necesario para mantener la aireación adecuada para este sistema biológicamente activo. Además, los investigadores no proporcionaron detalles sobre el sistema durante el funcionamiento. El aceite estaba presente en altas concentraciones de 200 – 5 000 mg/L, trabajando a una velocidad de mezcla, 250 rpm (revoluciones por minuto). Los resultados reportados fueron de 95% de eliminación de la concentración de aceites y grasas.

Wong et al., (2012) realizaron un estudio experimental instalando un filtro en una trampa de grasa con la capacidad de 1 000 a 5 400 galones usados en los restaurantes de Malasia y la eficacia del tratamiento de sólidos suspendidos fue aproximadamente 41% a 51% y la eficiencia del tratamiento de aceites y grasas fue de aproximadamente 43% a 52%.

Wongthanate et al. (2014) investigaron la eficiencia de una trampa de grasas que fue modificada para el tratamiento de un agua residual. La investigación se enfocó en cuanto influía la disposición de medios de relleno en la base de la trampa y en los valores óptimos de caudal y tiempo de retención hidráulica, en la eficacia del tratamiento de la trampa de grasa. Los resultados revelaron que la trampa de grasa modificada influyó positivamente en la eficiencia, obteniéndose una remoción de sólidos suspendidos y aceites y grasas en un 87%, respectivamente. Mientras que su remoción en DBO fue un 70%. Además, se encontró que el óptimo de caudal y del TRH es de 2L/min y 10h.

Finalmente del análisis estadístico de las pruebas experimentales de la Tabla 6, se puede afirmar que las muestras trabajadas son muy confiables, ya que se obtuvieron coeficientes de variación bajos, siendo de 2,54, 24,76 y 0,5; para las muestras de aceites y grasas, DBO y sólidos totales respectivamente, donde el coeficiente más alto lo presentan las muestras de DBO, las cuales son variables por la solubilidad que alcancen los componentes de la mezcla en el agua residual sintética utilizada.

Por otro lado, en la prueba de Tukey, como se muestra en la Tabla 7, se demuestra que existe una diferencia significativa entre el diseño A y el diseño B de la trampa de aceites y grasas de la investigación, mostrando medias porcentajes de remoción de aceites y grasas, sólidos totales y DBO₅ de 95,20%, 91,83% y 38,27% para el diseño A y 87,95%, 73,23% y 21,00% para el diseño B, respectivamente.

V. CONCLUSIONES

La distribución estratégica del espacio interior de los compartimentos de la cámara de aceites y grasas optimiza su funcionamiento.

La modificación del diseño en el dimensionamiento de los compartimentos de la trampa de aceites y grasas mejora la eficiencia en la remoción del contenido de sólidos totales y aceites y grasas del efluente.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, no presentó cambios significativos con la modificación de los compartimentos de la trampa de aceites y grasas.

El diseño A de la trampa de aceites y grasas presentó mayor eficiencia de remoción que el diseño B.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Realizar pruebas con trampas de aceites modificadas en los compartimentos en otros tipos de aceites que se ajusten a condiciones de operaciones reales.

Realizar investigaciones sobre el efecto de la variación de temperatura en el afluente de la trampa de aceites y grasas.

Realizar investigaciones para evaluar la relación que establece el número de compartimentos de la tabla con la eficiencia de remoción de aceites y grasas y sólidos totales.

Realizar pruebas para evaluar el efecto de la variación del TRH en la trampa de aceites y grasas.

VII. REFERENCIAS

- Ábalos, A., Marañón, A., Fernández, J., Aguilera, I., Despaigne, M. (2007). Caracterización de las aguas residuales de la planta refinadora de aceites comestibles ERASOL. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 38(3),220-223.
- Alvarado, D., López, A., Flores, A., García, A., Carrillo, F. (2009). *Método de análisis para la determinación de la concentración de grasas y aceites como contaminantes en aguas residuales*. [Conferencia]. III encuentro: Participación de la mujer en la ciencia, https://congresos.cio.mx/3_enc_mujer/files/extensos/Sesion%204/S4-BYQ17.doc
- Amado, A., Rubiños, P., Reyes, G., Alarcón, J., Hernández A. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y predicción. *Revista Internacional de Botánica experimental*, 75: 71 – 83
- APPA y AWWA (2015). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (22^a edición). American Water Works Association.
- Aziz, T., Holt, L., Keener, K., Groninger, J., Ducoste, J. (2010). Performance of Grease Abatement Devices for Removal of Fat, Oil, and Grease. *Journal of Environmental Engineering* 137.
- Bustamante, J. Remediación de suelos y aguas Subterráneas por contaminación de Hidrocarburos en los terminales de Mollendo y Salaverry de la costa peruana. (Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería). https://www.academia.edu/13756220/TESIS_JOSE_LUIS_BUSTAMANTE.
- Chinchilla, M. (2015). Relación de parámetros de diseño de trampas de grasas (desengrasadores) versus su eficiencia, en aguas residuales comerciales. (Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias de Ingeniería Sanitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala. Setiembre). http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0503_MT.pdf.
- Chu, W., Ng, Fung-Lin. (2000). Upgrading the conventional grease trap using a tube settler. *Environment international*. 26. 17-22. doi: 10.1016/S0160-4120(00)00073-8.
- Contreras, J. (2006). Recuperación y Tratamiento de Hidrocarburos Líquidos de Trampas de Aceite y Grasas de Estaciones de Servicio de Combustible. Tesis (Ingeniero

- Petroquímico, Universidad Nacional de Ingeniería).
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2342781>.
- Ducoste, J., Keener, K., Groninger, J., Holt, L., (2008). Assessment of Grease Interceptor Performance, *Water Environment Research Foundation: Alexandria, Virginia*.
- Esquirva, K. (2016) Remoción de aceites y grasas residuales domésticas usando lodos activados de planta de tratamiento de agua residual en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en Lima-Perú. (Tesis de Maestría de la Universidad Nacional de Ingeniería).
<http://hdl.handle.net/20.500.14076/5373>.
- Ferrero, J. (1974). *Depuración Biológica del agua*. De Alhambra.
- Gallimore, E., Aziz, T., Movahed, Z., Ducoste, J. (2011). Assessment of internal and external grease interceptor performance for removal of food-based fats, oil, and grease from food service establishments, *Water Environment Research*, 83(9), 882-892.
- Guilcamaigua, D., Quintero, N., Jiménez, M., Muñoz, D. (2019). Absorción de aceites y grasas en aguas residuales de lavadoras y lubricadoras de vehículos utilizando absorbentes naturales. *Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(3), 12-23. doi:
<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n3e31.12-23>.
- Hernández, N., Bejarano, S., Guerrero, N., Machuca, F. (2019). Tratamiento de aguas residuales provenientes de estaciones de Gasolina mediante ozonización catalítica. *Ingeniería y Competitividad*, 21 (1), 23 – 34.
- Loarte, C.(2020) *Mejoramiento del diseño de trampa de convencional mediante pantallas verticales para la reducción de aceites y grasa a condiciones de flujo constante e intermitente* (Tesis de pregrado en Ingeniería Sanitaria Universidad Nacional de Ingeniería)Marín, R. (2006). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: tratamiento y control de calidad de aguas*.
<http://site.ebrary.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr:2048/lib/sibdilibrosp/docDetail.action?docID=10139992&p00=ph%20aguas%20r%C3%ADos>.
- Marta, M., (2012). Tipos de contaminación. TWENERGY. <https://twenergy.com/a/tipos-de-contaminacion-525>, 01/02/2018 07:28.
- Montalvo, S. (2003). Remoción de Aceite en Aguas Residuales de Refinación del Petróleo Mediante Adición de Reactivos Químicos y Separación por Flotación Natural o con Aire Disuelto. (Tesis de Ingeniero Ambiental de la Universidad Nacional de México, 2003).
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6145/Tesis.pdf?sequence=1>.

- Muñoz, E. (1996). *Módulos de Clase: Calidad del Agua I*. Centro de Investigaciones - Publicaciones.
- Nisola, G. M., Saeng Cho E., Kyong Shon H., Dan T., Jun Chun, Mi Gwon E., Jin Chung W. (2009). Cell-immobilized FOG—Trap system for fat, oil, and grease removal from restaurant wastewater. *J. Environ. Eng.*, 135(9), 876–884.
- OEFA. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Biblioteca Nacional del Perú.
- OMS. (1998). *Guías para la calidad del agua potable*. Washington, EE.UU.
- Presidencia de la República (06 de junio de 2017). Decreto Supremo N° 004-2017-Minam, donde se aprueban estándares de calidad ambiental del agua y disposiciones complementarias. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Presidencia de la República y Consejo de Ministros (12 de febrero de 2015). Decreto Supremo N° 023 – 2015 – VIVIENDA. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Diario oficial El Peruano, Normas Legales 546634, 13 de febrero de 2015. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/autorizan-credito-suplementario-para-la-continuidad-de-proye-decreto-supremo-n-023-2015-ef-1200441-1/>
- Ragauskas, A., Pu, Y., Ragauskas, A., (2013). Biodiesel from grease interceptor to gas tank, *Energy Science & Engineering*, 1(1), 42-52.
- Ragauskas, A., Ragauskas, A. J. (2013). Re-defining the future of FOG and biodiesel, *Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology*, 4(1), 118.
- RECAI.,(2005). *Diccionario Ambiental*. Ecuador
- Rhee, C. H., Martyn, P. C., and Kremer, J. (1989). Removal of oil and grease in oil processing wastewaters, Sanitation Districts of Los Angeles County, Los Angeles. <https://docplayer.net/2734760-Removal-of-oil-and-grease-in-oil-processing-wastewaters.html>.
- Romero, J. A. (1998). *Calidad de Aguas*, NOMOS S.A.
- Rubí, H. (2007). Tratabilidad de las aguas residuales de talleres de lavado y engrasado: desmenuzación química. (Tesis Maestro en Ciencias del Agua en la Universidad Autónoma del Estado de México). <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94530>.
- Stoll, U., Gupta, H. (1997). Management strategies for oil and grease residues. *Waste Manage. Res.*, 15, 23–32.
- Suntaxi Beltran, J. L (2012). Propuesta para el manejo de fluidos contaminantes de un taller de automotriz en el sector sur del Distrito Metropolitano de Quito. (Tesis para obtener el

- grado de Ingeniero Mecánico Automotriz de la Escuela Politécnica del Ejército-Extensión Latacunga)<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5088>
- UNITEK. (1993). Unitek, *Ingeniería en Tratamiento de Agua. Retrieved from Osmosis Inversa, Parámetros Físicos Químicos del Agua*: http://www.unitek.com.ar/productos-osmosisinversa.php?id_lib_tecnica=6
- Van der Veen, S. (2013). Dewatering and recovery of fats, oils and grease (FOG) of grease trap waste: A design-research of a new-built process,(Tesis de Maestría, de Oulu University of Applied Sciences). <https://www.theseus.fi/handle/10024/67034?locale-attribute=fi>
- Vidales A., Leos M., Campos M. (2010). *Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz México, Aguascalientes* <https://www.redalyc.org/pdf/944/94415759007.pdf>
- Widman, R. (2009). La Selección y Diagnóstico de Grasa. *Mantenimiento mundial* (67), 2 - 3.
- Wong, N., Law P., Lai, S. (2012). Field tests on grease trap effluent fitter, <http://www.bioline.org.br/>, 25 October 2012.
- Wongthanate, J., Mapracha, N., Prapagdee, B., Arunlertaree C. (2014). Efficiency of Modified Grease Trap for Domestic Wastewater Treatment, *The Journal of Industrial Technology*,10(2).

VIII. ANEXOS

Apéndice 1. Toma de datos experimentales

Tabla 9. Determinación de la DBO₅, a la entrada y salida de la trampa de aceites y grasas en los diseños A y B.

N°	Diseño de Trampa	Repeticiones	ENTRADA (mgO ₂ /L)	Promedio	SALIDA (mgO ₂ /L)	Promedio	EFICIENCIA (%)
01	Diseño A	1	672,73	606,22	472,73	377,56	29,73
02		2	644,73		460,73		28,54
03		3	654,73		400,73		38,79
04		4	558,06		280,06		49,82
05		5	528,06		262,06		50,37
06		6	522,06		288,06		44,82
07		7	624,55		428,55		31,38
08		8	646,55		382,55		40,83
09		9	604,55		422,55		30,11
10	Diseño B	1	637,83	659,44	439,83	521,22	31,04
11		2	683,83		591,83		13,45
12		3	667,83		523,83		21,56
13		4	623,67		523,67		16,03
14		5	645,67		497,67		22,92
15		6	665,67		511,67		23,13
16		7	665,48		571,48		14,13
17		8	683,48		527,48		22,82
18		9	661,48		503,48		23,89

Tabla 10. Determinación de Aceites y Grasas, a la entrada y salida de la trampa de aceites y grasas en los diseños A y B.

N°	Diseño de Trampa	Repeticiones	ENTRADA (mg/L)	Promedio	SALIDA (mg/L)	Promedio	% EFICIENCIA
01		1	1080,00		40		96,30
02		2	1240,00		80		93,55
03		3	960,00		40		95,83
04		4	1080,60		38,6		96,43
05	Diseño A	5	1238,40		85,4		93,10
06		6	964,00		41,6		95,68
07		7	1079,40		42,4		96,07
08		8	1242,50		75,6		93,92
09		9	956,80	1093,52	39,4	53,67	95,88
10		1	1120,00		120		89,29
11		2	1280,00		120		90,63
12		3	1000,00		160		84,00
13		4	1128,00		123,2		89,08
14	Diseño B	5	1289,40		118,6		90,80
15		6	989,20		160,6		83,76
16		7	1112,00		117,8		89,41
17		8	1271,60		122,4		90,37
18		9	1011,80	1133,56	159,4	133,56	84,25

Tabla 11. Determinación de Sólidos Totales, a la entrada y salida de la trampa de aceites y grasas en los diseños A y B.

N°	Diseño de Trampa	Repeticiones	ENTRADA (mg/L)	Promedio	SALIDA (mg/L)	Promedio	EFICIENCIA (%)
01	Diseño A	1	1564	1560,00	127,3	127,48	91,86
02		2	1556		125,4		91,94
03		3	1560		129,6		91,69
04		4	1568		130,5		91,68
05		5	1552		124,5		91,98
06		6	1561		128,2		91,79
07		7	1559		126,8		91,87
08		8	1569		137,2		91,26
09		9	1551		117,8		92,40
10	Diseño B	1	1560	1562,89	321,7	324,57	79,38
11		2	1558		325,2		79,13
12		3	1562		317,8		79,65
13		4	1556		330,6		78,75
14		5	1575		328,9		79,12
15		6	1563		314,1		79,90
16		7	1558		340,3		78,16
17		8	1560		320,7		79,44
18		9	1574		321,8		79,56

Apéndice 2. Resultados del análisis estadístico

A. ACEITES Y GRASAS

Análisis de la varianza.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Remoción de A y G	18	0.73	0.71	<u>2.54</u>

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I).

F. V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	235,95	1	235,95	43,62	< 0.0001
Tratamiento	235,95	1	235,95	43,62	<u>< 0,0001</u>
Error	86,55	16	5,41		
Total	322,51	17			

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 2.32431

Tratamiento	Medias	n	E.E	
A y G/Diseño A	95,20	9	0,78	A
A y G/Diseño B	87,95	9	0,78	B

Error: 5,6230 gl:15

B. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Análisis de la varianza.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Remoción de DBO ₅	18	0,61	0,58	<u>24,76</u>

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I).

F.V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	1341,97	1	1341,97	24,93	< 0,0001
Tratamiento	1341,97	1	1341,97	24,93	<u>< 0,0001</u>
Error	861,10	16	53,82		
Total	2203,07	17			

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 7.33125

Tratamiento	Medias	n	E.E	
A y G/Diseño A	38,27	9	2.45	A
A y G/Diseño B	21,00	9	2.45	B

Error: 53,8190 gl:16

C. SÓLIDOS TOTALES

Análisis de la varianza.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Remoción de ST	18	1,00	1,00	<u>0,50</u>

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I).

F.V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	714,09	1	714,09	3875,40	< 0,0001
Tratamiento	714,09	1	714,09	3875,40	<u>< 0,0001</u>
Error	2,95	16	0,18		
Total	717,04	17			

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.42897

Tratamiento	Medias	n	E.E	
AyG/Diseño A	91,83	9	0,14	A
AyG/Diseño B	79,23	9	0,14	B

Error: 0,1843 gl:16

Apéndice 3. Imágenes del desarrollo de la investigación



Figura 7. Revisión de los compartimentos de la trampa de aceites y grasas de la investigación.



Figura 8. Revisión del ensamblaje y dimensiones de la trampa de aceites y grasas.



Figura 9. Revisión del montaje del agitador del tanque de alimentación.



Figura 10. Revisión del funcionamiento del agitador de tanque de alimentación.



Figura 11. Implementación preliminar del sistema experimental de la investigación.



Figura 12. Verificación de volumen y hermeticidad de las partes del sistema experimental.



Figura 13. Rectificación del volumen del tanque de alimentación.



Figura 14. Medición del peso de aceite combustionado, recolectado en un taller de mecánica.



Figura 15. Adición del aceite combustionado para preparación de agua residual.



Figura 16. Visualización del desplazamiento de gotas de aceite en el agua.



Figura 17. Complemento de la preparación del agua residual con adición de polvo de cacao.



Figura 18. Dispersión de las partículas de polvo de cacao en el agua.



Figura 19. Adición de ácido clorhídrico para ajuste de pH.



Figura 20. Homogenización del agua residual de la investigación.



Figura 21. Condiciones de inicio de los tratamientos en la investigación.



Figura 22. Sistema experimental durante la ejecución de las pruebas experimentales.



Figura 23. Operación y control del sistema experimental.



Figura 24. Visualización de la formación de las películas de aceite en los compartimentos..



Figura 25. Vista en planta de la trampa de aceites y grasas, con formación de películas de aceite.



Figura 26. Toma de muestras iniciales para caracterización del agua residual.



Figura 27. Toma de muestras a la salida del sistema experimental.



Figura 28. Medición del pH del agua a la salida del sistema experimental.



Figura 29. Medición del oxígeno disuelto durante la ejecución de los tratamientos.



Figura 30. Análisis de aceites y grasas de las muestras.

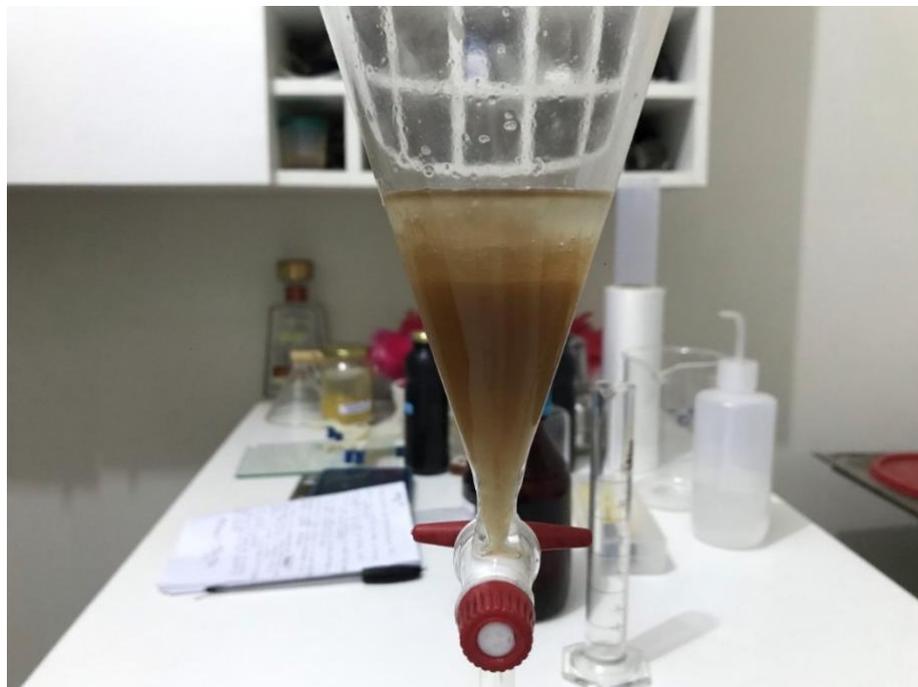


Figura 31. Extracción del aceite con el solvente orgánico eter de petróleo.



Figura 32. Análisis de sólidos totales en la entrada y salida.



Figura 33. Muestras para análisis de DBO del agua residual.