Universidad Internacional del Ecuador

Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Trabajo de Integración Curricular

Articulo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO PARA EL AUMENTO DE SU VÍA ÚTIL EN ACEITES SEMISINTÉTICOS

Nombre del Autores: Steve Alexander Bassante Martinez

Stalin David Singo Caiza

Director: MSc. Juan. C. Rubio. T.

Codirector: MSc. Gorky. G. Reyes. C.

Quito, agosto 2022

CERTIFICACIÓN.

Yo, STEVE ALEXANDER BASSANTE MARTINEZ, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

STEVE ALEXANDER BASSANTE MARTINEZ

CERTIFICACIÓN.

Yo, STALIN DAVID SINGO CAIZA, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

STALIN DAVID SINGO CAIZA

CERTIFICACIÓN.

Yo, Ing. JUAN CARLOS RUBIO TERAN, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.

1712524857.

Ing. JUAN CARLOS RUBIO TERAN

DEDICATORIA

La presentación de este articulo lo dedico a Dios, de manera especial dedico a mi familia, a mis padres que siempre expresaban su preocupación al preguntarme como me va en la Universidad, sé que fue difícil y muchas veces he estado a punto de lanzar la toalla, pero sus consejos siempre me han dado la batería extra para seguir luchando, también dedico a mis hermanos que juntos nos aconsejamos con nuestras vivencias universitarias diarias.

En el desarrollo de mi carrera, me llevare en el corazón muchas historias, muchas personas que marcaron mi vida, desde el primer día que llegue a la UIDE, recuerdo con nostalgia, mi primer día en la universidad, no conocía a nadie, pero mientras pasaban los semestres, empecé a conocer a personas que valen mucho y que marcan positivamente mi desarrollo en la carrera, cada profesor supo brindarme su confianza y amistad las cuales, ahora al final de mi carrera puedo decir que marcaron positivamente en el desarrollo de mi Ingeniería.

AGRADECIMENTO

Agradezco de manera especial a cada una de las personas que conforman la UIDE, que me aceptaron desde el primer día y me permitieron continuar mis estudios hasta poder llegar a tener este nuevo título personal.

Agradezco también a mi tutor Juan Carlos Rubio que no pudo estar presente el día de hoy y al Ingeniero Gorky Reyes que desde un inicio creyeron en mi idea y me ayudaron a pulirla hasta poder concluir la exitosa presentación y publicación de este artículo.

Expreso también mi agradecimiento a las personas de mi trabajo, por permitirme estudiar y trabajar hasta poder culminarlo, a cada profesor de la facultad de mecánica automotriz que en cada materia brindada se dieron la oportunidad de conocerme y capacitarme, mis amigos que siempre me brindaban su energía y palabras de aliento, las cuales siempre fueron necesarias en el proceso hasta llegar al día de hoy, la culminación de mi carrera.

INDICE ARTÍCULO.

CERTIFICACION……i
CERTIFICACION II……ii
CERTIFICACION III……...iii
ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD……iv
DEDICATORIA……v
AGRADECIMIENTO……..vi
RESUMEN……8
ABSTRACT……...8
1. INTRODUCCION……..9
2. FUNDAMENTO TEORICO……10
2.1 Sistema de Lubricación…….. .11
2.2 Aceite 15W40……...12
2.3 Viscosidad de aceite de Motor……12
2.4 Motor categoría N3……....13
2.5 Medición de elementos de desgaste en el lubricante……15
2.6 Modelos matemáticos……16
2.6.1 Tribología "Coeficiente de desgaste"……16
3. METODOS Y MATERIALES……16
3.1 Método……...16
3.2 Materiales……..17
3.2.1 Aceite utilizado……..18
3.2.3 Equipos y herramientas especiales……19
4. RESULTADO Y DISCUSION……...21
4.1 Datos Obtenidos……21
4.2 Inicio de la prueba……21
4.3 Interpretación de desgaste de aceite nuevo……21
4.4 Aceite con recorrido de 15.000 kilómetros……..……22
4.5 Aceite con recorrido de 20.000 kilómetros……...22

4.6 Resultados……..23
4.7 Cuadro comparativo……..27
5 CONCLUSIONES……28
6 BIBLIOGRAFIA……..29

RESUMEN.

En el sector automotriz el uso de aceite para motor genera gran demanda ya que, además de lubricar también enfría, sella y reduce la fricción entre elementos móviles específicos en el motor, encontramos varios tipos de aceite en el mercado como mineral, sintético y semisintético, cada uno de los aceites tienen componentes químicos diferentes, pero cumplen la misma función principal en el motor.

Con las especificaciones del fabricante y de tipo de combustible del mercado ecuatoriano se realizará un análisis físico/químico del estado del lubricante al extender el periodo de mantenimiento en un numero moderado.

Las pruebas realizadas al lubricante nos indicaran si es factible o no, realizar la implementación de mantenimientos preventivos de motor en un intervalo extendido.

Para realizar los cambios de aceite es necesario utilizar uno de mayor calidad con las especificaciones recomendadas por el fabricante que es el aceite 15W40 y que tenga componente como el "Low SAPS" que sirve para proteger los motores de baja emisión en condiciones severas ofreciendo mejoras en control de desgaste y depósito, resistente a la ruptura de la capa lubricante bajo altas temperaturas dentro de las especificaciones de funcionamiento con los motores categoría N3.

En ecuador el dealer IASA autorizó el análisis de aceite, cumpliendo el kilometraje de cambio (15.000 kms) y el kilometraje extendido (20.000 kms), para comparar resultados de muestras del aceite en los motores categoría N3.

Palabras clave: lubricante, especificaciones, mantenimiento preventivo.

ABSTRACT.

In the automotive sector, the use of motor oil generates great demand since, in addition to lubricating; it also cools, seals and reduces friction between specific moving parts in the engine. We find several types of oil on the market such as mineral, synthetic and semi-synthetic. Each of the oils have different chemical components, but they fulfill the same main function in the engine.

With the specifications of the manufacturer and the type of fuel in the Ecuadorian market, a physical/chemical analysis of the state of the lubricant will be carried out by extending the maintenance period by a moderate number.

The tests carried out on the lubricant will indicate whether it is feasible to carry out the implementation of preventive engine maintenance in an extended interval.
To carry out oil changes, it is necessary to use a higher quality oil with the specifications recommended by the manufacturer, which is 15W40 oil and has a component such as "Low SAPS" that serves to protect low-emission engines in severe conditions, offering improvements in wear and deposit control, resistant to rupture of the lubricating layer under high temperatures within the operating specifications with category N3 engines.
In Ecuador, the IASA dealer authorized the oil analysis, complying with the change mileage (15,000 km) and the extended mileage (20,000 km), to compare the results of oil samples in N3 category engines.
Keywords: Lubricant, specification, preventive maintenance.

1. INTRODUCCION.

En los motores de combustión interna, el sistema de lubricación se encarga de preservar las piezas en movimiento. Al producirse desgastes interiores, debido a la fricción entre ellas, las pequeñas partículas de material desprendidas pasan al aceite; las partículas más grandes se depositan en el fondo del cárter debido a su peso, o quedan atrapadas en el filtro, el resto permanecerá en suspensión en el aceite. La cantidad o la masa de partículas metálicas en suspensión en el lubricante determina si el desgaste en el motor es normal, progresivo o acelerado, Sin embargo, la técnica del análisis de aceite se debe respaldar en una serie de análisis periódicos y continuos, con lo cual se establece la tendencia del desgaste, controla estadísticamente los desgastes normales, progresivos o acelerados (Luis Viteri, Juan Carlos Jaramillo, 2011).

En Ecuador se evidencia la falta de conocimiento en la ejecución de los mantenimientos preventivos debido al tiempo, especificaciones del lubricante, trabajo específico de la maquinaria, lo que en general disminuye la vida útil del motor, un aceite con especificaciones adecuadas permite realizar intervalos extendidos en el lubricante (durabilidad) y preservar la vida útil del motor.

Debido a que la fricción entre dos elementos sin lubricación, proviene principalmente de la adhesión y la deformación, siendo la primera la más importante. La principal exigencia a la lubricación es que reduzca la fuerza necesaria para cizallar las uniones que se forman entre las asperezas de las superficies. Esto se consigue por dos vías, la primera interponiendo entre los residuos de un material que pueda cizallarse de manera más fácil

o bien, mediante la utilización de una sustancia química que altere la resistencia al cizallamiento de las asperezas. En el transcurso del proyecto se pudo demostrar que el aceite lubricante motor (semisintético) alcanzó rangos específicos de valores máximos obtenidos del resultado en condiciones de trabajo establecido, lo que es un indicador positivo para la implementación de un periodo extendido de mantenimiento.

En el mercado local, el aceite utilizado para motores categoría N3 pertenece a la clase denominada semisintético, que dependiendo de los parámetros y la calidad puede prolongar su periodo de cambio, dependiendo del paquete de aditivos suministrado, el cual puede ser antioxidante, detergente, diluyente o anticorrosivo. Las pruebas de laboratorio realizada a un tipo de aceite específico permitirán medir el desgaste a un kilometraje previamente establecido por el fabricante y, verificar el periodo de cambio óptimo de aceite, sin que el mismo pierda sus propiedades; Utilizando las normativas del servicio ecuatoriano de normalización (INEN, D445, ASTMD5185, D2896, E2412), verificaremos el correcto intervalo de cambio de aceite semi sintético utilizado en las pruebas de desgaste, viscosidad, degradación y número de base total de aceite.

En el artículo "ANÁLISIS DE ACEITE USADO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA" (Saldivia, 2013), indica un valor máximo permitido del elemento Silicio en el aceite debe ser de 15 ppm, el mismo que en nuestro análisis el valor óptimo es de 1 a 20 ppm. Al igual que en el artículo "ANÁLISIS DE ACEITE EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ESTACIONARIOS DE PLANTA DE GENERACION DE ENERGÍA" (Ortiz, 2009), muestra que es necesario el uso de un análisis programado de aceite lubricante de motor para la investigación de patrones de desgaste. Basados en el artículo "ESTUDIO DEL LUBRICANTE PARA MOTORES DIÉSEL 6 CILINDROS EN LÍNEA TURBOALIMENTADOS BASADO EN ANÁLISIS DEL ACEITE EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS" (Wilmer Allauca, 2021) el uso del aceite 15W40 en motores diésel es el adecuado por mantener propiedades multigrado.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

Los resultados a obtener tienen una aportación para determinar el estado actual de un lubricante mediante pruebas en motores de categoría N3 y camiones denominados pesados, en base a los factores naturales que tenemos en nuestra región, las pruebas son sustentadas con la información que se obtenga paso a paso según lo planificado y la calidad del aceite utilizado.

Durante el funcionamiento normal del motor, el aceite lubricante se contamina con los productos de la combustión y con los resultados de la contaminación y el desgaste. Los productos de la combustión se filtran y se depositan al cárter. Estos gases contienen partículas de carbón, agua, ácidos, combustible, barnices, lacas, todo lo cual contamina al lubricante. El aceite en sí, da origen a la contaminación por medio de la descomposición y oxidación. Cuando entra en contacto con elementos recalentados del motor o cuando se combina con el aire atrapado se oxida y se descompone dando origen a los contaminantes. (Antonio, 1994)

Un programa moderno de análisis de aceite (Trujillo, 2007) debe ser considerado como una cadena donde la integridad y la fortaleza de cada eslabón es idéntica, es la herramienta efectiva para incrementar la confiabilidad de la maquinaria. El programa utiliza la tecnología, los conocimientos de la operación del equipo y los resultados del análisis de aceite para establecer acciones específicas de mantenimiento y permitir una lubricación óptima.

El mantenimiento predictivo surge como respuesta a la necesidad de reducir los costos de los métodos tradicionales de mantenimiento, preventivo y correctivo, parte del conocimiento del estado de los equipos. Se apoya en dos pilares fundamentales que son la existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del lubricante y la vigilancia continua del estado actual del aceite, con la finalidad de detectar la falla antes de que ocurra para asegurar el correcto funcionamiento, observar su evolución y obtener resultados de los mantenimientos preventivos realizados (Cesáreo, 1998).

2.1. Sistema de lubricación.

El aceite de motor no solo lubrica, sino también sella, enfría y limpia, con mejores diseños de motores y mejor calidad aceite, los intervalos de servicio pueden aumentar. El intervalo de servicio utilizado depende del motor y especificaciones del fabricante
Se requieren intervalos de cambio de aceite más cortos si el vehículo opera en un ambiente polvoriento o si se detiene y arranca con frecuencia. Usualmente muchos aditivos de tratamiento de aceite del mercado de accesorios afirman mejorar el rendimiento del aceite

en el motor. Los fabricantes recomiendan realizar el cambio de los filtros de aceite cuando se realiza el cambio de aceite de motor.

2.2. Aceite 15W40.

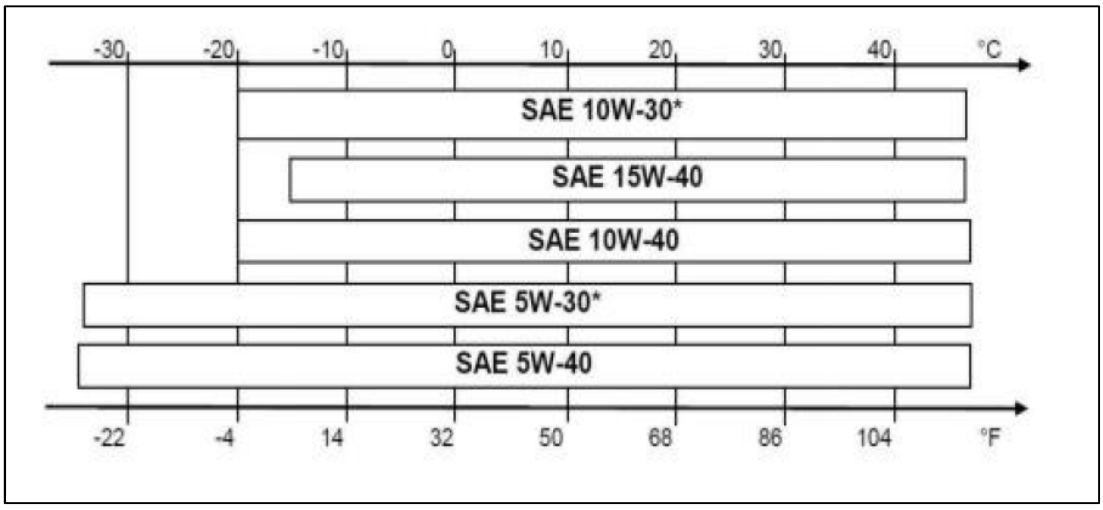
Es un aceite multigrado de alto rendimiento formulado con bases parafínicas hidrogenada GRUPO II con altos índices de viscosidad y un paquete de aditivos de la mejor calidad que confieren las propiedades necesarias para la protección de motores diésel y gasolina cuatro tiempos sometidos a severas condiciones de trabajo constante, proporcionando una efectiva lubricación. (Lubricantes, 2017).

2.3. Viscosidad del aceite de Motor

Seleccione un aceite de motor con la viscosidad adecuada en función de las temperaturas ambiente típica en las que operará el vehículo. No basta con seleccionar el tipo de aceite adecuado; la viscosidad correcta del aceite es igual de importante.

De acuerdo con la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), la viscosidad correcta está determinada por la temperatura ambiente mínima en el arranque en frío y la temperatura ambiente máxima durante el funcionamiento del motor. El aceite elegido para el mercado Diésel Ecuatoriano es 15W40.

Figura 1 Grados de funcionamiento de aceites automotrices.



Fuente: IMPACT 4.07.130

2.4. Motor categoría N3

Este tipo de motores se refieren a vehículos de carga de transporte provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga con uno o más ejes. Vehículo diseñado esencialmente para el apoyo y arrastre de una unidad de carga (semirremolque), norma técnica ecuatoriana (NTE INEN2656:2012).

El tiempo que un vehículo puede funcionar antes de cambiar el lubricante del motor depende de la calidad del aceite, el tipo de combustible utilizado, el consumo de combustible, el consumo de aceite del motor, la aplicación del vehículo y el nivel de contaminación en el aire. Los intervalos de cambio de aceite del motor indicados por el fabricante son los máximos recomendados. En conducción dentro/fuera de carretera, conducción continua en ciudad con paradas, arranques y kilometrajes extremadamente altos, el intervalo de cambio de aceite debe ajustarse a la necesidad requerida por el trabajo de motor para obtener una máxima protección.

Los motores que cumplen con los requisitos de emisiones del 2007 o posteriores están diseñados con sistemas de combustible "inyector electrónico" accionado mecánicamente y controlado electrónicamente. Actualmente en el Ecuador los motores se rigen a pruebas de opacidad (corpaire), las cuales tienen su propio punto de medición desde el año 2004 para regulación de los gases contaminantes (Carlo Ortega Troncoso, Víctor Daniel Pesantes, agosto 2021). Esto ha llevado a los motores categoría N3 a requerir un aceite que cumpla con los estándares de calidad VDS-4 y EO-O Premium Plus (ACEA E9 Y API CK-4), pero tiene requisitos de rendimiento adicionales esenciales para proteger adecuadamente los motores categoría N3 en los intervalos de drenaje especificados. (IMPACT 4.07.130, 2019).

La documentación del fabricante, indica que en el caso de la Norma EURO 3, dependiendo del factor (nivel de azufre en el combustible) y en el caso del Ecuador, catalogado por el fabricante como vías muy severas VS, se pueden obtener los valores de 15.000 kms (valor en el cual ya se realizaban los intervalos de mantenimiento) y 20.000 kms (nuevo valor implementado de intervalos de mantenimiento).

Figura 2. Kilometraje de intervalos de aceite de motor.

EURO 3 Oil Service Intervals						
POC	L	M	H	S	VS	VS+
Fuel type 1 (Fuel sulfur less than 500 ppm)						
Oil Quality	Driving Distance (km)/ Time (hours)					
VDS-3/VDS-4	100 000/-	75 000/-	60 000/750	45 000/600	20 000/600[1]	-/600[1]
Fuel type 2 (Fuel sulfur between 500 and 5000 ppm)						
Oil Quality	Driving Distance (km)/ Time (hours)					
VDS-3/VDS-4	67 000/-	50 000/-	40 000/500[2]	30 000/400[2]	13 000/400[2]	-/400[2]
Fuel type 3 (Fuel sulfur higher than 5000 ppm)						
Oil Quality	Driving Distance (km)/ Time (hours)					
VDS-3/VDS-4	50 000/-	37 500/-	30 000/400[3]	22 500/300[3]	10 000/300[3]	-/300[3]
For waste collection, mine operation, airport services, etc., engine hours (hours) can be used instead.						

Fuente: IMPACT 4.07.130

Como se puede verificar en el cuadro proporcionado por el fabricante, un punto importante para implementar un intervalo de mantenimiento es la contaminación del combustible que utiliza cada motor, según estudios realizados hasta el año 2018, el nivel de azufre superaba las 500 ppm en el combustible (figura 3), para ese caso, el valor indicado por el fabricante es de 13.000 kms, que según pruebas de particulado de aceite pudo extenderse a 15.000 kms (figura 2).

Se pudo verificar que, a finales del año 2020 Petroecuador realizó una prueba al combustible Diésel Premium, el cual se obtuvo como resultado una contaminación menor a 500 ppm de azufre en el combustible (figura 3).

Tabla 1.

Pruebas prácticas realizadas por la Estatal Petroecuador año 2020.

PARÁMETO	METODO (ASTM_INEN)	ESPECIFICACION MIN.	ESPECIFICACION MÁX.	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA
CONTENIDO DE AZUFRE	ASTM D4294	0	500	22	tpm

Fuente: Petroecuador, 2020.

Con la nueva calidad de combustible, el estudio y el análisis realizado al aceite se puede implementar el mantenimiento con un intervalo extendido de cambio de lubricante de motor.

2.5. Medición de elementos de desgaste en el lubricante.

Al verificar la concentración de elementos (metales y no metales) tomadas en la muestra de aceite en un rango de 0 a 20.000kms, los factores de desgaste reales en el motor se encuentran dentro de los parámetros determinados por el paquete de aditivos, servicio ecuatoriano de normalización (INEN ASTM D5185).

Al verificar los valores de viscosidad tomadas en la muestra de aceite en un rango de 0 a 20.000 kms según el servicio ecuatoriano de normalización (INEN ASTMA D445) es de 15.5 centistokes máx. (figura 7).

Al verificar el número de base total tomadas en la muestra de aceite en un rango de 0 a 20.000 kms se puede medir la habilidad de aceite para neutralizar productos de la contaminación durante la combustión los cuales sus valores deben estar en un rango menor o igual a 5.5 mg KOH/g, servicio ecuatoriano de normalización (INEN ASTM D2896).

Al verificar la degradación del paquete de aditivos del lubricante en un rango de 0 a 20.000 kms, este se encontró dentro del rango esperado, servicio ecuatoriano de normalización (INEN ASTM E2412).

2.6. Modelos matemáticos.

2.6.1. Tribología "Coeficiente de desgaste".

Un valor característico para el desgaste que indica solamente una magnitud específica del sistema.

El coeficiente de desgaste k posibilita la comparación entre valores de desgaste en diferentes prensados de superficies o de diferentes velocidades de deslizamiento (Manual de la técnica del automóvil Bosch, tercera edición):

$$k = W\sqrt{F.s}\ en\ mm^3/(N.m)$$

$\boldsymbol{F}$ = fuerza

$\boldsymbol{W_v}$ = valor volumétrico del desgaste

$\boldsymbol{S}$ = recorrido de deslizamiento

3. MÉTODOS Y MATERIALES.

3.1. Método.

La presente investigación abarcara el tema desde un segmento particular automotriz hacia observaciones específicas, analizando los datos que se obtiene mediante la toma de muestras de aceite. Los datos obtenidos se evaluarán siguiendo un criterio objetivo a la investigación creando una descripción comparativa descriptiva del desgaste de aceite en el motor.

El estudio se efectúa en la ciudad de Quito, en los talleres de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE). El análisis comprende normas Internacionales de Estandarización ISO, las cuales tiene una señal de medida estándar, mide cada componente, en este caso la contaminación del combustible, así como por la Unión Europea (EURO) vinculadas con la ejecución de pruebas estáticas y dinámicas en vehículos. Dada la naturaleza de la investigación, no amerita que los datos recolectados sean de una ciudad o región específica, ya que las normas ISO, EURO y TIER son empleadas para la fabricación de vehículos, por lo que su alcance no se circunscribe a localidad específica, lo que no genera limitaciones en cuanto a lugar ya que el objetivo del estudio, es regular y evaluar datos reales dentro de una prueba físico – química realizada a un fluido con un intervalo de uso correspondiente a 20.000 kms.

El Análisis del Régimen de Desgaste es un componente integral del programa de Servicios S·O·S que le ayuda a mantener el rendimiento de su equipo y a aumentar al

máximo su disponibilidad por medio de pruebas programadas de muestras del lubricante de motor, el Análisis del Régimen de Desgaste detecta pequeñas partículas de metales causadas por la fricción entre componentes (Caterpillar, 2020)

Todos los sistemas bañados en aceite — motores, sistemas hidráulicos, transmisiones y mandos finales — producen metales de desgaste durante su operación cotidiana. Si el desgaste se acelera, aumenta la concentración de las partículas metálicas de desgaste indicando la existencia de un problema. El Análisis del Régimen de Desgaste le permite encontrar problemas antes de que resulten en reparaciones importantes o averías de la máquina. (Caterpillar, 2020)

El Análisis del Régimen de Desgaste puede detectar partículas de hasta 10 micrones de tamaño. La concentración de los metales de desgaste se expresa en partes-por-millón (o ppm). Los metales de desgaste el cual pertenece al motor pueden resumirse en la figura adjunta (Figura 4).

Figura 4. Elementos de desgaste.

	Combinaciones de Elementos de Desgaste Clásicos			
	Elemento principal	Elemento secundario	Desgaste posible	Causa/Área probable del problema
Motores–Culata	Silicio (tierra)	Hierro, Cromo, Aluminio	Camisas, Anillos, Pistones	Sistema de entrada de aire/Filtro Contaminación con tierra
	Hierro	Cromo, Aluminio	Camisas, Anillos, Pistones	Temperaturas anormales de operación, Degradación del aceite, Contaminación con refrigerante o combustible, Anillos atascados/rotos
	Cromo	Molibdeno, Aluminio	Anillos, Pistones	Gases de escape, Consumo de aceite, Degradación del aceite
	Hierro	——	Camisas, Engranajes, Tren de válvulas, cigüeñal	Temperaturas anormales de operación, Falta de lubricación, Contaminación, Almacenamiento (Herrumbre)
Motores–Bloque	Silicio (tierra)	Plomo, Aluminio	Cojinetes	Contaminación con tierra
	Plomo	Aluminio	Cojinetes	Falta de lubricación, Contaminación con refrigerante, Contaminación con combustible

Fuente: Programa S.O.S (Scheduled Oil Sampling, 2020).

3.2. Materiales.

Para el desarrollo de todas las fases de toma de muestra y análisis, se consideran varios factores, fuentes normativas, recursos varios y análisis de especificaciones dadas por el fabricante.

Descripción:

- Aceite para muestreo
- Motor utilizado en pruebas

- Equipos y herramientas especiales
- Normativas INEN, EURO e ISO.

3.2.1. Aceite utilizado.

El aceite óptimo para motores diésel categoría N3 debe tener propiedades de calidad, esto se lo puede encontrar en las especificaciones (API CK-4).

En el mercado de Ecuador, el aceite recomendado por el fabricante MACK es Shell Rimula R4 L 15W-40, es un aceite de motor para servicio pesado, el cual cumple con las especificaciones técnicas del fabricante, este aceite cumple siguientes especificaciones.

- API CK-4, CJ-4, CI-4 Plus, CI-4, CH-4, SN
- EO-S 4.5, EO-O Premium Plus
- VDS-4.5, VDS-4

Figura 5. Aceite Shell Rimula R4 l, 15W40.

Properties			Method	Shell Rimula R4 L 15W-40
Viscosidad Cinemática	@40°C	mm^2/s	ASTM D445	115
Viscosidad Cinemática	@100°C	mm^2/s	ASTM D445	15.3
Índice de Viscosidad			ASTM D2270	139
Densidad	@15°C	kg/l	ASTM D4052	0.876
Cenizas Sulfatadas		% máximo	ASTM D874	1.0
Número Total de Base		mg KOH/g	ASTM D2896	10
Punto de Inflamación (COC)		°C	ASTM D92	236
Punto de Fluidez		°C	ASTM D97	-35

Fuente: MSDS Aceite Shell Rimula.

3.2.2. Motor utilizado en pruebas.

La toma de muestra se lo realizo en motor Mack MP8 y Volvo D13, son motores diésel dentro de la categoría N3, utilizados en la industria de la construcción y transporte ecuatoriano.

Son motores en línea, a diésel, que tiene 6 cilindros, un desplazamiento de 13 litros, tiene una relación de compresión de 16:1. Tiene un sistema de combustible de Inyector Electrónico Unitario (MACK, 2019).

Estos motores tienen en el sistema de lubricación, dos filtros de flujo completo y un filtro de derivación. En el sistema de combustible tiene un filtro primario, un pre -filtro y un separador de agua (MACK, 2019).

3.2.3. Equipos y herramientas especiales.

Las muestras de aceite de motor se realizan de la siguiente manera, estas se toman procedimientos asegurados en la norma ISO-14001, según el fabricante Caterpillar:

1. Limpiar completamente el tubo de la varilla indicadora (bayoneta) antes de realizar la toma de la muestra, eso elimina la probabilidad de entrada de cualquier residuo de contaminantes.
2. Realizar la limpieza de la varilla indicadora mientras se la extrae.
3. Verificar la herramienta (bomba de vacío) y la manguera de toma de muestra, comprobar que la junta donde se ajustará el frasco de muestra, los extremos de la manguera se encuentren totalmente limpios, eso evitará que cualquier contaminante externo ingrese en la muestra y nos de medidas erróneas.
4. Ingresamos la manguera aproximadamente unos 4 centímetros por debajo de superficie de la bomba de vacío.

Figura 6. Herramienta de toma de muestra – Bomba de vacío

Fuente: IMPACT 4.07.130

5. Enroscamos la botella de la muestra de aceite en la bomba de vacío.
6. Introducimos la manguera de la muestra, en el tubo de la varilla indicadora y realizamos la extracción de la muestra de aceite.

7. Después de realizar la toma de la muestra, se debe retirar la manguera ligeramente y bombear con la herramienta para asegurarse que la manguera se encuentra sin rastros de aceite.
8. Se desenrosca la muestra de la herramienta y se pone la tapa.
9. Se realiza la extracción total de la manguera de muestra de aceite, asegurándose de quedar completamente limpio.
10. Se vuelve a insertar la varilla indicadores de nivel de aceite de motor.

4. Resultado y discusión.

4.1. Datos Obtenidos.

Tabla 2.

Datos obtenidos en la toma de muestras en el lubricante.

	Muestra 1 (Aceite Nuevo)	**Muestra 2 (Aceite 15.000 kms)**	**Muestra 3 (Aceite 20.000 kms)**
Tipo de aceite	Shell 15W40	Shell 15W40	Shell 15W40
Mantenimiento	N/A	Cambio Aceite Motor	Cambio Aceite Motor
Temperatura	14°C	14°C	14°C
Filtros	N/A	Cambiados	Cambiados
Aceite Añadido	NO	NO	NO
Particulado Filtro	N/A	Normal	Normal
Recorrido	0 kilómetros	15.000 kms	20.000 kms

Fuente: Autores, 2022

4.2. Inicio de prueba.

Para el inicio de la prueba se obtuvo una muestra de aceite Shell Rimula R4 15W-40, nuevo, el cual nos da el inicio del análisis, durante la prueba realizada se pudo obtener los siguientes resultados, indicando comentarios, valores de viscosidad y niveles de desgaste de aditivos.

4.3. Interpretación del desgaste del aceite nuevo (Muestra 1).

"Los valores se encuentran dentro del rango aceptable para esta muestra, de aceite nuevo, continúen monitoreando en intervalo normal de operación" (Iasa – SOS – marzo 2022).

Se pudo verificar la condición y la contaminación que tiene el fluido medido, en este caso el aceite nuevo medido.

4.4. Aceite con un recorrido de 15.000 kilómetros (Muestra 2).

Después de realizar la verificación de las especificaciones proporcionadas por el fabricante, teniendo un aceite de motor que cumpla con las especificaciones CK-4 y el combustible diésel con contaminación menor a 500 ppm, se realizó pruebas de partículas de aceite en intervalos de 15.000 kilómetros (valor óptimo recomendado por los fabricantes en motores categoría N3).

En las pruebas realizadas del particulado de aceite se obtuvo el siguiente comentario, indicando que el aceite se encuentra en periodo de desgaste normal.

"Los valores que nos indican el desgaste interno del motor se encuentran dentro de los parámetros normales en este período de acoplamiento. Las condiciones del aceite están dentro de los rangos permitidos. Recuerde revisar el sistema de admisión de aire periódicamente, una buena práctica de mantenimiento es cortar y revisar el(los) filtro(s) en busca de partículas visibles en cada cambio. Continúe muestreando a intervalos normales para observar la tendencia" (Iasa – SOS – marzo 2021).

4.5. Aceite con un recorrido de 20.000 kilómetros (Muestra 3).

En la última prueba realizada con el intervalo extendido de cambio de aceite 20.000 kilómetros, se obtuvo el siguiente resultado, volviendo a indicar que el aceite se encuentra dentro del periodo de desgaste normal.

"Los valores que nos indican el desgaste interno del motor se encuentran dentro de los parámetros normales en esta muestra. La viscosidad y los resultados de FT-IR están dentro de los rangos permitidos. Continúe muestreando a intervalos regulares para observar tendencia." (IASA – SOS – diciembre 2021).

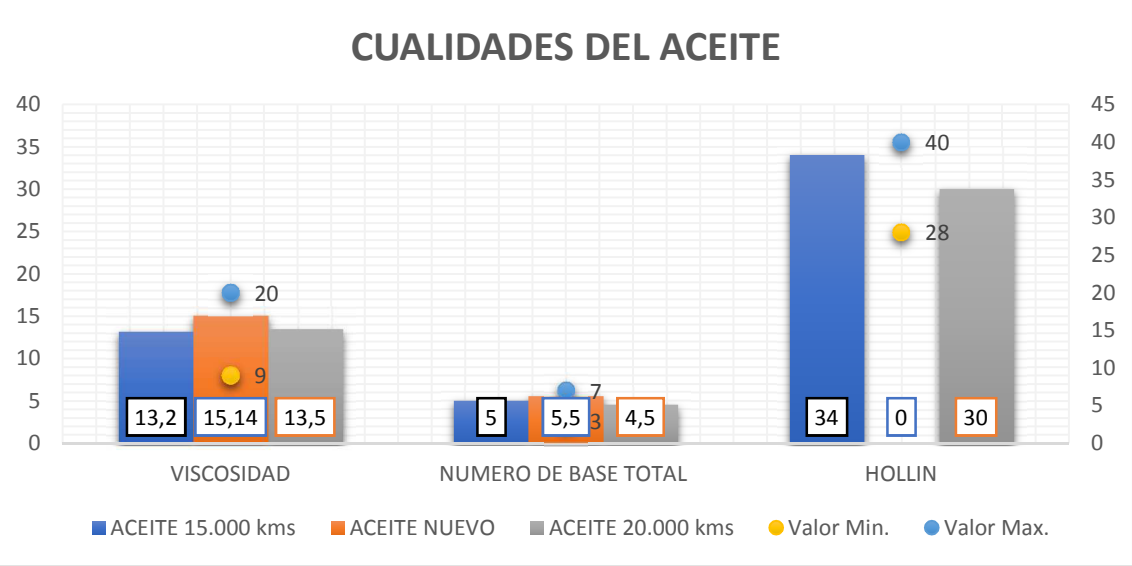
Como se puede evidenciar, el comportamiento del lubricante se realiza de forma normal, se observa que el paquete de aditivos del lubricante es capaz de contrarrestar la oxidación y mantener dentro de un rango normal, el deterioro del aceite a través del tiempo.

Un punto importante que se puede observar es el comportamiento de la viscosidad del lubricante, que, con el intervalo extendido de 20.000 kilómetros, no tiene variaciones, las cuales pueden afectar el funcionamiento de motor y acelerar el desgaste de las piezas móviles.

4.6. Resultados.

Se realizó la medición de las cualidades del aceite en las 3 muestras obtenidas encontrándose:

Figura 7. Cualidades del aceite

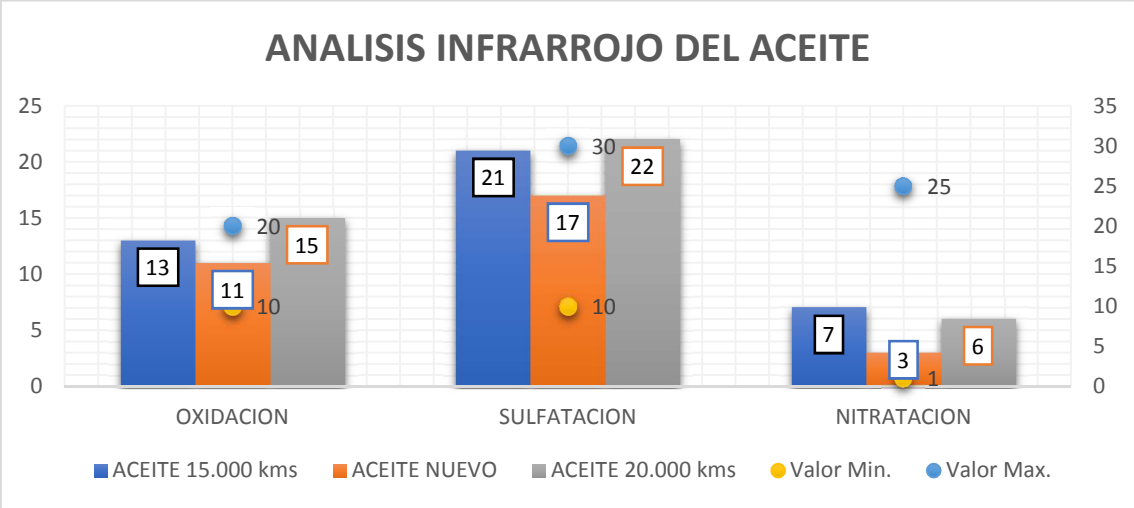


Fuente: Autores, 2022.

El número base no es el único aspecto a considerar dentro de las propiedades del aceite, pero si es fundamental utilizar el porcentaje adecuado para proteger al motor del desgaste corrosivo, el lubricante debe contener suficiente TBN en todo momento y nunca se debe descuidar o dejar que descienda por debajo del mínimo requerido, en cuanto al porcentaje de azufre del combustible utilizado (Toscano Mosquera Carlos Andrés, 2020).

Se realizó el análisis infrarrojo del aceite, encontrando los siguientes resultados a las 3 muestras:

Figura 8. Análisis infrarrojo del aceite.



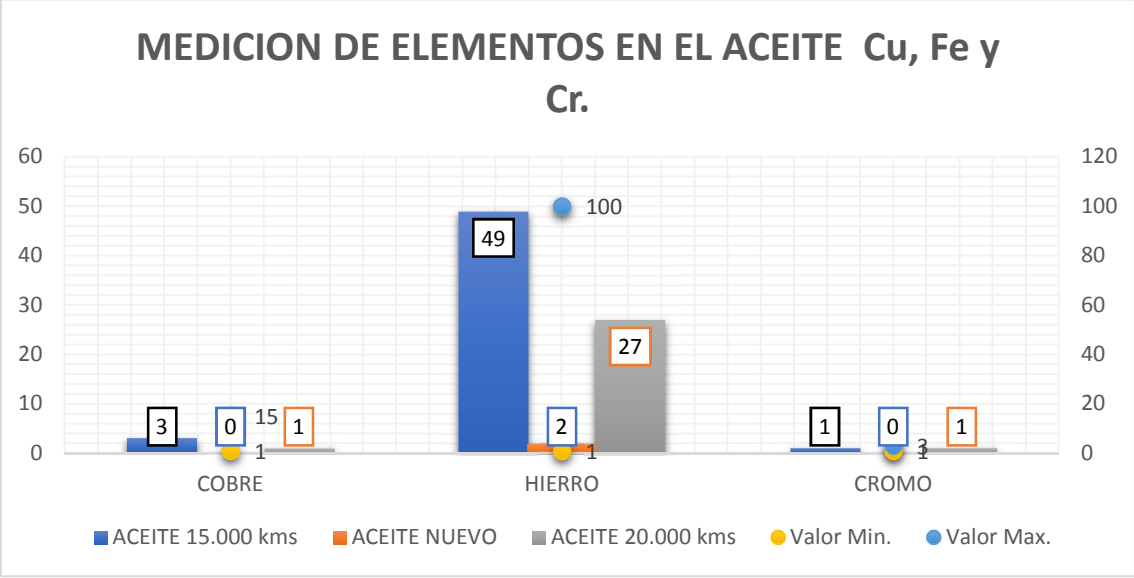
Fuente: Autores, 2022.

Como se puede verificar, las pruebas de oxidación, sulfatación y nitración realizadas en laboratorio, las 3 muestras se encuentran dentro del rango de funcionamiento óptimo.

El lubricante está compuesto de agentes minerales, es decir mezcla de aceites básicos, y se añade un compuesto de aditivos, que dan características especiales requeridas por una determinada aplicación que, en este caso, es la reducción de la oxidación del aceite en tempranas condiciones (Toscano Mosquera Carlos Andrés, 2020).

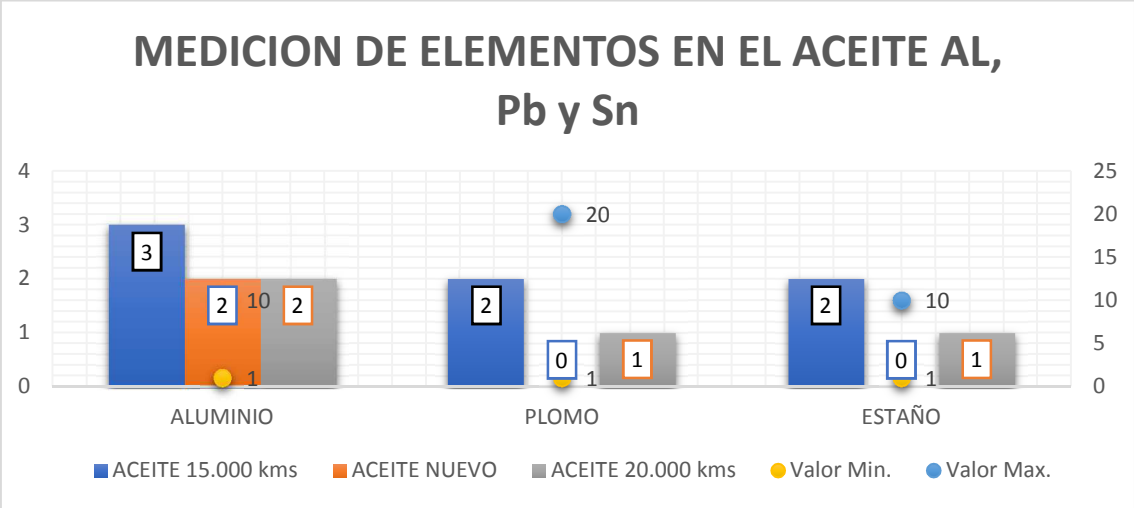
Se realizó la medición de elementos que se encontraban en las muestras, encontrándose los siguientes resultados:

Figura 9. Medición de elementos en el aceite Cu, Fe y Cr.



Fuente: Autores, 2022.

Figura 10. Medición de elementos en el aceite Al, Pb y Sn.

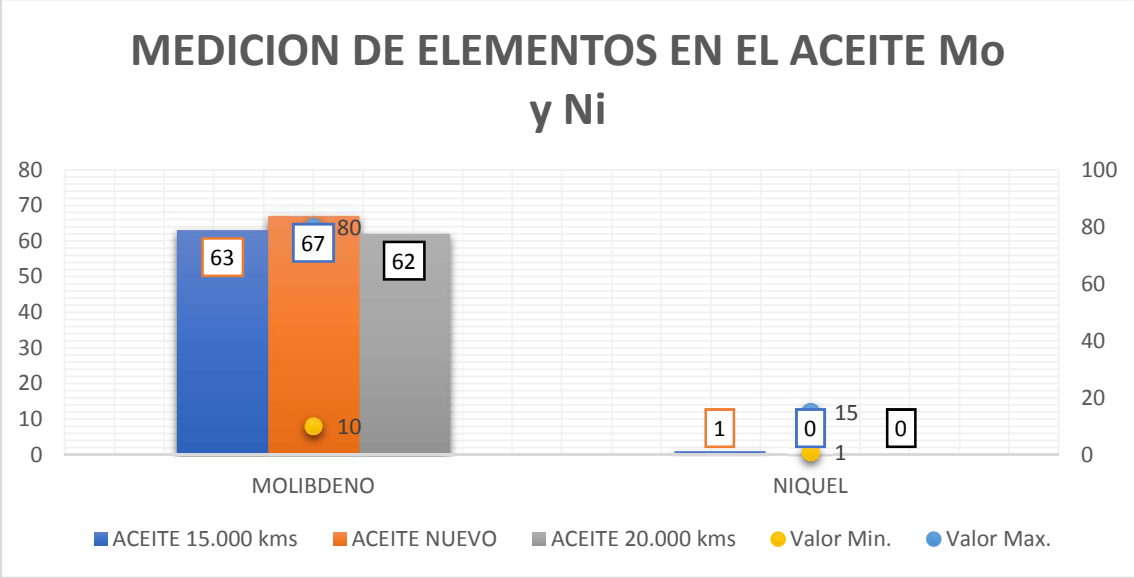


Fuente: Autores, 2022.

Figura 11. Medición de elementos en el aceite Si, Na y K.

Fuente: Autores, 2022.

Figura 12. Medición de elementos en el aceite Mo y Ni.



Fuente: Autores, 2022.

En la medición de los elementos del aceite, se pudo evidenciar que los elementos se encuentran dentro de los rangos de funcionamiento óptimo. Este indicador puede informar un posible problema en algún componente interno del motor, en caso de que la medición de algún elemento en específico aumente.

Un lubricante es un compuesto químico que se ubica entre dos materiales o superficies móviles para disminuir o evitar la fricción o desgaste, también está encargada de controlar y disminuir la temperatura dentro del motor, así como de sellar y transmitir fuerza entre componentes (Toscano Mosquera Carlos Andrés, 2020).

Los elementos químicos encontrados en el aceite después del uso en el motor, indican que no hay mayor afectación entre los elementos de fricción aclarando que la película de aceite se mantiene estable. Los muestreos nos permiten verificar las características principales y la degradación de un lubricante en un periodo de funcionamiento determinado.

4.7. Cuadro comparativo.

Tabla 3.

Resultado análisis y cuadro comparativo del lubricante

	ACEITE NUEVO	**ACEITE 15000 KMS**	**ACEITE 20000 KMS**	**LIMITES (MIN. – MÁX)**
VISCOSIDAD a 100C (CENTIESTOKES)	15.14	13.2	13.5	9 a 20 cSt
NUMERO DE BASE TOTAL (NBT)	5.5	5.0	4.5	3 a 7 mg KOH/g
HOLLIN (ST)	0	34	30	28 a 40
OXIDACION (OXI)	11	13	15	10 a 20
SULFATACION (SUL)	17	21	22	10 a 30
NITRACION (NIT)	3	7	6	1 a 25
COBRE (CU)	0	3	1	1 a 15 ppm
HIERRO (FE)	2	49	27	1 a 100 ppm
CROMO (CR)	0	1	1	1 a 3ppm
ALUMINIO (AL)	2	3	2	1 a 10 ppm
PLOMO (PB)	0	2	1	1 a 20 ppm
ESTAÑO (SN)	0	2	1	1 a 10 ppm
SILICIO (SI)	5	4	5	1 a 20 ppm
SODIO (NA)	4	3	3	1 a 10 ppm
POTASIO (K)	0	2	1	1 a 10 ppm
MOLIBDENO (MO)	67	63	62	10 a 80 ppm
NIQUEL (NI)	0	1	0	1 a 15 ppm

Fuente: Autores, 2022.

5. CONCLUSIONES.

Las muestras obtenidas en los lubricantes que fueron reemplazados a los 15.000 kms muestran resultados positivos debido a las especificaciones del paquete de aditivos, este actúa en la fricción y desgaste dando como resultado la reducción de metales contaminantes en el lubricante del motor.

El aceite 15W40 utilizado a lo largo del análisis obtuvo resultados favorables a pruebas de desgaste y fricción contaminantes según normas establecidas en condiciones normales y extendidas.

Se pudo demostrar objetivamente que el intervalo extendido de 20.000 km es factible para ejecutar en motores de categoría N3. El intervalo extendido de aceite de motor permitirá al usuario un ahorro programado en cada mantenimiento preventivo, asegurando la vida útil del motor y un monitoreo real del estado de su motor.

6. BIBLIOGRAFÍA.

Antonio, P. O. (1994). *Sistema de lubricación motores diésel.* España: Tesis.

Caterpillar. (2020). *Scheduled oil Sampling.* Guayaquil, Ecuador: Publicación.

Cesáreo, F. (1998). *Tecnología en mantenimeinto industrial.* Murcia , España: Tesis.

INEN. (01 de enero de 2019). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204:2017 Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf

Lubricantes, B. (2017). *Aceite 15W40 API CI-4 / SL motores diésel y gasolina.* Bucaramanga, Colombia : Publicación.

Luis Viteri, Juan Carlos Jaramillo. (2011). *Análisis de la degración de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora para el mantenimiento del equipo pesado de ilustre municipio del cantón archidona.* Napo: Ecuador.

MACK. (2019). *Impact 4.07.130.* Byhalia , Estados Unidos: Carta de servicio.

Ortiz, A. (2009). *Análisis de aceite en motores de combustión interna estacionarios de planta de generación de energía.* Maracaibo, Venezuela: Artículo.

Saldivia, F. (2013). *Análisis de aceite usado en un motor de combustión interna.* Cancun, Mexico: Artículo.

Trujillo, G. (2007). *Análisis de aceite, una estrategia proactiva y preditiva.* Mexico: Revista Machinery Lubrication en Español.

Wilmer Allauca, A. C. (2021). *Estudio del lubricante para motores diésel 6 cilindros en línea turboalimentados basados en análisis del aceite en diferentes condiciones geográficas.* Riobamba, Ecuador: Tesis.