



**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Ricardo Sebastián Jarrín Ricaurte

Tutor: Ing. Virgilio Lucas Ramos Rivero, M.Sc.

Incidencia del Tiempo de Servicio del Aceite de Motor

15W40 en la Variación de su Viscosidad

Certificado de Autoría

Yo, Ricardo Sebastián Jarrín Ricaurte, 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.

Ricardo Sebastián Jarrín Ricaurte

C.I.: 0931016539

Aprobación del Tutor

Yo, Virgilio Ramos Rivero certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Virgilio Ramos Rivero, MSc.

C.I: 0920262912

Director de Proyecto

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado con profundo agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en mi vida y mi formación académica y profesional. A mis familiares, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi mayor inspiración.

A mis profesores y mentores, quienes con su paciencia y sabiduría me han guiado y motivado a alcanzar mis metas. Sus enseñanzas y consejos han sido invaluable en mi camino.

A mis compañeros y amigos, por su amistad y apoyo incondicional. Los momentos compartidos y las experiencias vividas juntos han enriquecido mi vida y este trabajo.

Ricardo Jarrín

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en la realización de este trabajo y en mi vida.

En primer lugar, a mi tutor, el Ingeniero Virgilio Ramos, por su orientación, paciencia y valiosos consejos a lo largo de este proyecto. Su experiencia y dedicación han sido esenciales para alcanzar este logro.

A mi mamá, por su amor incondicional, sacrificios y por ser siempre mi pilar. Gracias por creer en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. A mi abuela, por su sabiduría y cariño inagotables. Sus palabras de aliento y su ejemplo de fortaleza han sido una fuente constante de inspiración.

A mi novia, por su amor, apoyo incondicional y comprensión durante todos los momentos difíciles. Tu compañía y aliento han sido mi mayor motivación.

A mis hermanos, primos y tíos, por su apoyo constante y por estar siempre presentes.

Su confianza en mis capacidades me ha dado la fuerza para seguir adelante.

A mis amistades cercanas, por su compañía y apoyo incondicional. Gracias por compartir conmigo momentos de alegría y desafíos, y por ser una parte importante de mi vida.

A todos mis familiares que me han apoyado a lo largo de este camino, su aliento y fe en mí han sido fundamentales para alcanzar mis objetivos.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo y el amor de todos ustedes.

Agradezco de corazón su presencia en mi vida y en este proyecto.

Con gratitud y aprecio,

Ricardo Jarrín

Índice de Contenido

Certificado de Autoría.....	ii
Aprobación del Tutor	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas	xii
Índice de Anexos.....	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
Capítulo I.....	1
Antecedentes	1
1.1 Título de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización de la Investigación	1
1.2.1 Planteamiento del Problema	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.3 Sistematización del Problema.....	3
1.3 Objetivo de la Investigación	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	4
1.4.1 Justificación Teórica.....	4
1.4.2 Justificación Metodológica.....	5
1.4.3 Justificación Práctica	5

1.4.4	<i>Delimitación Temporal</i>	5
1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	5
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	6
	Capítulo II	7
	Marco Referencial	7
2.1	Marco Teórico	7
2.1.1	<i>Motor Diésel</i>	7
2.1.2	<i>Aceite Lubricante</i>	8
2.1.3	<i>Funciones del Aceite Lubricante</i>	10
2.1.4	<i>Aceite 15W-40</i>	12
2.1.5	<i>Aditivos</i>	13
2.1.6	<i>Impacto del Uso en el Aceite de Motor</i>	14
2.2	Marco Conceptual	15
2.2.1	<i>Propiedades de los Aceites Lubricantes</i>	15
2.2.2	<i>Índice de viscosidad</i>	16
2.2.3	<i>Normativas y Estándares de Calidad</i>	17
2.2.4	<i>Viscosímetro Capilar</i>	18
2.2.5	<i>Baño de Viscosidad</i>	19
	Capítulo III	21
	Procedimientos Experimentales y Herramientas para el Análisis de Viscosidad	21
3.1	Diseño de la Investigación	21
3.2	Características del vehículo	21
3.2.1	<i>Especificaciones Técnicas</i>	21
3.2.2	<i>Características del Vehículo</i>	22
3.3	Características del Aceite	23

3.3.1	<i>Beneficios</i>	23
3.3.2	<i>Calidad</i>	24
3.3.3	<i>Propiedades</i>	24
3.4	Equipos y Herramientas para el Análisis del Aceite Lubricante.....	25
3.4.1	<i>Elementos para recolección de muestras</i>	25
3.4.2	<i>Procedimiento Experimental</i>	27
3.4.3	<i>Mantenimientos Previos al Vehículo</i>	27
3.4.4	<i>Preparación para la Toma de Muestra</i>	31
3.4.5	<i>Prueba de Viscosidad</i>	34
3.5	Resultados Obtenidos	36
3.5.1	<i>Tiempos Cronometrados Obtenidos</i>	37
3.5.2	<i>Viscosidad Cinemática Calculada</i>	37
3.5.3	<i>Cálculo del Índice de Viscosidad</i>	38
Capítulo IV		40
Análisis de Resultados		40
4.1	Análisis de los Tiempos Obtenidos	42
4.2	Análisis de la Viscosidad Cinemática	43
4.2.1	<i>Interpretación de Resultados</i>	43
4.3	Análisis del Índice de Viscosidad (IV).....	45
4.3.1	<i>Valores del Índice de Viscosidad</i>	45
4.3.2	<i>Interpretación de la Disminución del Índice de Viscosidad</i>	45
Conclusiones		47
Recomendaciones.....		48
Referencias Bibliográficas		48
Anexos.....		49

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación Geográfica de la empresa Lubrilaca</i>	6
Figura 2 <i>Formulación de Lubricantes</i>	9
Figura 3 <i>Función del Aceite Lubricante</i>	10
Figura 4 <i>Índice de viscosidad</i>	12
Figura 5 <i>Viscosímetro Capilar</i>	18
Figura 6 <i>Baño de Viscosidad Cinemática</i>	20
Figura 7 <i>Fotografía del Vehículo para la Prueba</i>	23
Figura 8 <i>Elementos Utilizados</i>	26
Figura 9 <i>Bomba de Muestreo Vampiro</i>	27
Figura 10 <i>Cambio de Filtro de Aire</i>	28
Figura 11 <i>Cambio de Filtro de Combustible</i>	28
Figura 12 <i>Cambio de Filtro de Aceite</i>	29
Figura 13 <i>Drenado del aceite viejo</i>	30
Figura 14 <i>Envases de Aceite Nuevos y Sellados</i>	30
Figura 15 <i>Cambio de Aceite</i>	31
Figura 16 <i>Proceso de Preparación de Materiales para Recolección</i>	32
Figura 17 <i>Proceso de Recolección de Aceite</i>	33
Figura 18 <i>Muestra de Aceite</i>	33
Figura 19 <i>Bañera de Viscosidad</i>	35
Figura 20 <i>Viscosímetros con Muestra</i>	35
Figura 21 <i>Medición del Tiempo de Flujo</i>	36
Figura 22 <i>Calculadora de Índice de Viscosidad</i>	38
Figura 23 <i>Segunda Calculadora de Índice de Viscosidad</i>	39
Figura 24 <i>Viscosidades Cinemáticas</i>	40

Figura 25 *Índice de Viscosidad* 42

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Datos del Vehículo Skoda Octavia Tour</i>	22
Tabla 2 <i>Características de Vehículo Utilizado para la Prueba</i>	22
Tabla 3 <i>Especificaciones de Calidad</i>	24
Tabla 4 <i>Propiedades</i>	25
Tabla 5 <i>Tiempos Cronometrados</i>	37
Tabla 6 <i>Viscosidad Cinemática</i>	38
Tabla 7 <i>Resultados Obtenidos</i>	39

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 <i>Fórmula de Índice de Viscosidad</i>	17
Ecuación 2 <i>Cálculo de viscosidad L a 40°C mayor de 70 cSt</i>	17
Ecuación 3 <i>Cálculo de viscosidad H a 40°C mayor de 70 cSt</i>	17

Índice de Anexos

Anexo A <i>Datos del Diagnóstico del Vehículo 1</i>	54
Anexo B <i>Datos del Diagnóstico del Vehículo 2</i>	54

Resumen

En este trabajo se llevó a cabo un análisis exhaustivo del aceite de motor 15W40 de la marca Golden Bear, centrado en evaluar su comportamiento en términos de viscosidad cinemática a 40°C y 100°C, así como en calcular su índice de viscosidad a través de múltiples pruebas. El propósito principal fue entender la estabilidad y la degradación del aceite a lo largo de su uso. Se emplearon viscosímetros capilares para realizar las mediciones de viscosidad, y los datos obtenidos se procesaron utilizando herramientas en línea para garantizar la precisión de los resultados. Los resultados revelaron un aumento en la viscosidad cinemática tanto a 40°C como a 100°C, lo cual sugiere una degradación progresiva del aceite con el tiempo, aunque esta se mantuvo dentro de los límites considerados aceptables. El índice de viscosidad inicial del aceite fue de 146, y se observó una disminución a 139, lo que indica una estabilidad adecuada a lo largo del uso continuo, manteniendo sus propiedades lubricantes y de protección. Finalmente, se concluye que el aceite 15W40 de Golden Bear proporciona una protección efectiva contra el desgaste y la oxidación del motor, cumpliendo con los parámetros esperados. No obstante, para obtener un análisis más detallado y completo, se recomendaron la realización de futuras investigaciones que incorporen técnicas avanzadas como la espectrometría infrarroja y la medición del TBN (Total Base Number). Estos métodos permitirían una evaluación aún más profunda del estado del aceite y su capacidad para seguir protegiendo los motores bajo diversas condiciones de operación de trabajo.

Palabras Clave: Aceite de motor, viscosidad cinemática, índice de viscosidad, degradación del aceite, Golden Bear, 15W40.

Abstract

In this study, an exhaustive analysis was conducted on the 15W40 motor oil from the Golden Bear brand, focusing on evaluating its behavior in terms of kinematic viscosity at 40°C and 100°C, as well as calculating its viscosity index through multiple tests. The main objective was to understand the oil's stability and degradation over time. Capillary viscometers were used to perform the viscosity measurements, and the obtained data were processed using online tools to ensure accuracy. The results revealed an increase in kinematic viscosity at both 40°C and 100°C, suggesting a progressive degradation of the oil over time, although it remained within acceptable limits. The initial viscosity index of the oil was 146, and a decrease to 139 was observed, indicating adequate stability throughout continuous use, while maintaining its lubricating and protective properties. Finally, it was concluded that Golden Bear's 15W40 oil provides effective protection against engine wear and oxidation, meeting the expected parameters. However, for a more detailed and comprehensive analysis, future research was recommended, incorporating advanced techniques such as infrared spectrometry and Total Base Number (TBN) measurement. These methods would allow for an even deeper evaluation of the oil's condition and its ability to continue protecting engines under various operating conditions.

Keywords: Motor oil, kinematic viscosity, viscosity index, oil degradation, Golden Bear, 15W40.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Título de Investigación

Incidencia del tiempo de servicio del aceite de motor 15W40 en la variación de su viscosidad.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización de la Investigación

El aceite de motor es un componente vital para el correcto funcionamiento y mantenimiento de los motores de vehículos. Su función principal es lubricar las piezas móviles del motor para reducir la fricción y el desgaste, pero también ayuda a mantener el motor limpio, enfriarlo y protegerlo contra la corrosión. La viscosidad del aceite es una de las propiedades más importantes, ya que afecta directamente su capacidad para cumplir con estas funciones esenciales.

Con el tiempo y el uso, la viscosidad del aceite puede cambiar debido a varios factores como la temperatura, la presión, la presencia de contaminantes y la degradación de los aditivos. Estas variaciones pueden influir en el rendimiento y la durabilidad del motor. Por ello, es crucial comprender cómo el kilometraje recorrido afecta la viscosidad del aceite, para así poder tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento del motor y el reemplazo del aceite.

1.2.1 Planteamiento del Problema

El correcto mantenimiento por cambio de aceite es crucial para asegurar el rendimiento y la longevidad de los motores diésel en una variedad de vehículos presentes en el mercado actual. En este sentido, el aceite de motor con clasificación 15W40, suministrado por la marca Golden Bear, ha ganado popularidad debido a sus beneficios y su precio accesible, siendo ampliamente utilizado en diversos vehículos diésel que requieren un rendimiento confiable y eficiente, con características de viscosidad a 118,50 cSt a 40 °C, 16,00 cSt a 100 °C y un índice de viscosidad de 144, prometiendo 8000 km de durabilidad de recorrido.

A pesar de la importancia de mantener la viscosidad del aceite dentro de los rangos recomendados, la variación en la viscosidad del aceite a lo largo del tiempo de servicio no ha sido completamente comprendida. Este fenómeno plantea la necesidad de investigar y analizar en profundidad la incidencia del tiempo de servicio del aceite de motor 15W40 de la marca Golden Bear en la variación de su viscosidad, específicamente en el contexto del motor diésel AGR Volkswagen del Skoda Octavia del 2008, el cual se encuentra de manera significativa en el mercado ecuatoriano, y específicamente en la ciudad de Guayaquil.

El Skoda Octavia del 2008 es un vehículo comúnmente utilizado en el mercado ecuatoriano debido a su rendimiento y confiabilidad. Sin embargo, el uso intensivo y prolongado de cualquier vehículo puede llevar a la degradación del aceite de motor, afectando su capacidad para lubricar y proteger el motor eficientemente.

Cuando se produce una pérdida de viscosidad, puede aumentar el desgaste de los cojinetes y, por otro lado, un aumento en la viscosidad puede ocasionar un mayor desgaste de los anillos y generar una presión de aceite elevada que podría abrir la válvula de alivio de presión del filtro de aceite, permitiendo que pase aceite sucio al motor. Una viscosidad demasiado alta puede también provocar un desgaste excesivo de los cojinetes, lo que se traduce en una demora en el arranque de cada ciclo.

La marca Golden Bear ha sido reconocida por ofrecer aceites de motor que combinan calidad y accesibilidad económica. Su aceite de motor 15W40 es especialmente formulado para proporcionar una protección óptima a los motores diésel, asegurando un rendimiento eficiente y confiable. Sin embargo, para que los usuarios puedan confiar plenamente en los beneficios que ofrece este producto, es fundamental verificar que el aceite mantiene sus propiedades de viscosidad a lo largo de todo su periodo de servicio.

El problema reside en que, aunque el aceite de motor 15W40 Golden Bear promete un rendimiento óptimo y una durabilidad de recorrido de 8000 kilómetros, no se ha comprendido

completamente cómo la variación en sus propiedades afecta su capacidad para proteger y lubricar eficazmente dicho motor.

La meta de este estudio es garantizar que los propietarios y operadores de vehículos diésel, incluidos aquellos que confían en el Skoda Octavia y otros modelos con el mismo motor, puedan verificar que el aceite de motor Golden Bear cumple con los beneficios que ofrece y mantiene su rendimiento eficiente y confiable a lo largo del tiempo de servicio. Esto no solo beneficiará a los propietarios al prolongar la vida útil de sus motores y reducir los costos de mantenimiento, sino que también respaldará la reputación de Golden Bear como un proveedor confiable de aceite de motor para motores diésel en el mercado automotriz.

Para lograr esto, se realiza un análisis exhaustivo de la variación de la viscosidad del aceite durante su periodo de servicio, que incluye la recolección de muestras de aceite en intervalos regulares de tiempo, la medición de la viscosidad cinemática e índice de viscosidad, y la evaluación de cómo estas propiedades cambian con el tiempo.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cómo incide el tiempo de servicio del aceite 15W40 en la variación de su viscosidad?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuál será la frecuencia óptima de recolección de muestras para evaluar adecuadamente los cambios en el aceite 15W40 a lo largo del tiempo de servicio?
- ¿Cómo se determina el índice de viscosidad y la viscosidad cinemática del aceite de motor en diferentes momentos durante su tiempo de servicio?
- ¿Cómo varía en el tiempo de servicio la viscosidad del aceite para motor 15W40?

1.3 Objetivo de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Analizar la incidencia del tiempo de servicio en la variación de viscosidad del aceite 15W40.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Recolectar muestras representativas del aceite en intervalos regulares durante su tiempo de servicio.
- Determinar el índice de viscosidad del aceite multigrado para la utilización en el motor de combustión interna.
- Evaluar los resultados de las mediciones de viscosidad en función del lubricante utilizado.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

Con el desarrollo de este estudio, buscamos obtener una visión detallada del comportamiento del aceite de motor 15W40, en este caso, en el motor AGR Volkswagen, comprender mejor la estabilidad y viscosidad del lubricante en diversos periodos de funcionamiento, de igual manera para saber cómo evoluciona la capacidad de lubricación y fluidez del aceite, lo que es esencial para evaluar su rendimiento y durabilidad en el motor.

El estudio de la viscosidad del aceite es crucial porque esta propiedad afecta directamente la capacidad del lubricante para proteger el motor contra el desgaste y la fricción. La viscosidad determina la capacidad del aceite para formar una película protectora sobre las superficies móviles del motor, minimizando el contacto metal-metal y reduciendo el desgaste.

Desde una perspectiva económica, el estudio también busca cuantificar el ahorro potencial en costos de mantenimiento y reparación que puede lograrse mediante el uso de aceites de motor de alta calidad y el seguimiento de prácticas de mantenimiento optimizadas.

1.4.1 *Justificación Teórica*

Este estudio también contribuye al avance teórico en el campo de la lubricación automotriz al profundizar en la comprensión de cómo diversos factores, como la temperatura, la presión y la presencia de contaminantes, pueden influir en la viscosidad del aceite a lo largo del tiempo de servicio. Al identificar los mecanismos subyacentes que conducen a cambios en

la viscosidad, se puede mejorar la predicción y gestión de posibles problemas de lubricación en los motores diésel.

1.4.2 Justificación Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, este estudio se basa en la aplicación de técnicas analíticas específicas para la caracterización del aceite de motor AGR Volkswagen, utilizando un viscosímetro capilar y fórmulas específicas, que nos permitirán obtener datos precisos sobre su viscosidad cinemática y su índice de viscosidad, ya que nos garantizan obtención de resultados confiables y significativos que pueden ser utilizados para comprender mejor la evolución del aceite de motor en condiciones reales de uso.

1.4.3 Justificación Práctica

Desde una perspectiva práctica, este estudio proporcionará información valiosa para propietarios y operadores de vehículos diésel, especialmente aquellos que confían en el Skoda Octavia, vehículos con el mismo motor y utilizan el aceite de motor 15W40 Golden Bear. Los resultados permitirán identificar posibles problemas de viscosidad del aceite y tomar medidas preventivas o correctivas para mantener el rendimiento eficiente del motor y evitar daños costosos, lo que, a su vez, nos ayudará a decidir si seguir utilizando o no este aceite automotriz.

Además, este estudio respaldará la reputación de Golden Bear como proveedor confiable de aceite de motor para motores diésel en el mercado automotriz, al demostrar su compromiso con la calidad y el rendimiento a lo largo del tiempo de servicio del aceite.

1.4.4 Delimitación Temporal

El presente trabajo investigativo se realizará en el periodo del 20 de mayo al 8 de septiembre de 2024, lo que permitirá la elaboración del proyecto de titulación.

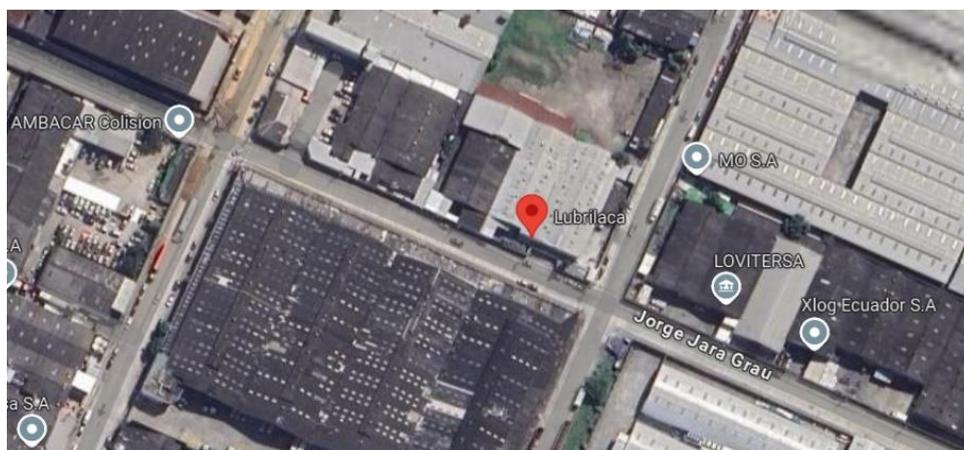
1.4.5 Delimitación Geográfica

Se realizará en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, donde el vehículo realizará sus operaciones normales.

Por otro lado, los análisis de las muestras de aceite de motor, se realizarán en la empresa Lubrilaca, ubicada en Guayaquil, como se puede observar en la figura 1.

Figura 1

Ubicación Geográfica de la empresa Lubrilaca



Tomado de: (Google Maps, 2024)

1.4.6 Delimitación del Contenido

Esta investigación se llevará a cabo en el contexto de un Skoda Octavia del 2008 con motor AGR Volkswagen, utilizando aceite de motor 15W40 de la marca Golden Bear. El estudio se realizará en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, y se enfocará en un periodo de servicio del aceite de 7500 kilómetros. Durante este periodo, se tomarán muestras de aceite en intervalos de cada 1000 kilómetros y una muestra final a los 7500 kilómetros, lo que totaliza ocho muestras.

Las pruebas de viscosidad se realizarán utilizando un viscosímetro capilar, el cual permitirá medir con precisión la viscosidad cinemática del aceite a 40 °C y 100 °C. Se analizarán las variaciones en la viscosidad a lo largo del tiempo de servicio para evaluar cómo el kilometraje afecta esta propiedad crítica del lubricante. El estudio no incluirá otros tipos de aceites ni otros modelos de vehículos, limitando así el alcance de los resultados a las condiciones específicas del aceite 15W40 Golden Bear y el motor AGR Volkswagen.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

El aceite de motor, un componente vital en el sistema de lubricación del motor, no solo reduce la fricción entre las piezas móviles, sino que también actúa como un agente de enfriamiento y protección contra la corrosión. Esta capacidad de lubricación no solo garantiza el rendimiento óptimo del motor, sino que también contribuye a prolongar su vida útil y minimizar los costos de mantenimiento a largo plazo.

Para comprender mejor el papel del aceite de motor en los vehículos Skoda Octavia, es esencial examinar su viscosidad, lo cual es clave ya que este determina su rendimiento y durabilidad. Aspectos como este es de particular interés, tales como, su viscosidad cinemática a 40 °C y 100 °C y su índice de viscosidad, ya que influyen directamente en su capacidad para proteger el motor en una variedad de condiciones operativas, observando el desempeño y como varía su degradación.

2.1.1 *Motor Diésel*

Los motores diésel constituyen una variante de los motores de combustión interna, operando a través de la ignición del combustible mediante la compresión del aire en el cilindro del motor. A diferencia de los motores de gasolina, no requieren una chispa para iniciar el proceso de combustión, ya que la alta temperatura producida por la compresión del aire induce la ignición espontánea del combustible diésel.

Según (Plaza, 2019) estos motores son ampliamente empleados en diversas aplicaciones, desde maquinaria industrial hasta vehículos pesados y generadores, gracias a su eficiencia en el consumo de combustible y su capacidad para generar un alto torque. En años recientes, su uso se ha extendido también al ámbito de los vehículos de pasajeros.

De acuerdo con (Vélez, 2022) en 1893 Rudolf Diesel, quien trabajaba para la compañía alemana de transporte MAN, desarrolló el motor que posteriormente llevó su nombre. Este avance surgió de una investigación orientada a lograr motores de alta eficiencia térmica que pudieran utilizar combustibles alternativos en lugar de los motores de vapor predominantes en ese momento.

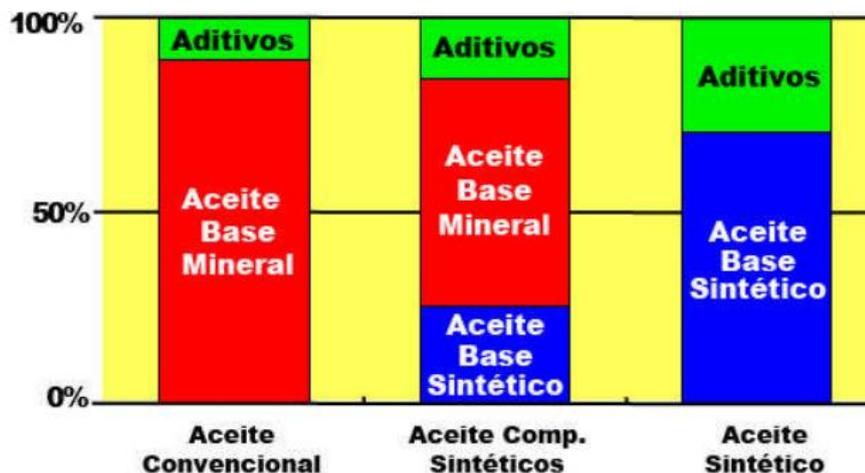
2.1.2 *Aceite Lubricante*

El uso de lubricantes para reducir la fricción y el desgaste en máquinas y motores se remonta a la antigüedad según (América, 2023) donde civilizaciones antiguas como los egipcios, los griegos y los romanos utilizaban aceites vegetales y grasas animales para lubricar máquinas y herramientas. Estos lubricantes primitivos eran relativamente simples y se obtenían principalmente de fuentes naturales. Sin embargo, el desarrollo del aceite lubricante moderno comenzó a fines del siglo XIX y principios del siglo XX, con el auge de la industria automotriz y la aparición de los motores de combustión interna.

A medida que los motores se volvían más potentes y sofisticados, surgió la necesidad de lubricantes más avanzados y especializados que pudieran soportar las altas temperaturas y presiones generadas por la combustión interna.

Para mejorar las propiedades del aceite lubricante, se comenzaron a agregar aditivos químicos específicos para aumentar su viscosidad, estabilidad térmica y capacidad de protección contra el desgaste. Estos aditivos incluían antioxidantes, agentes antiespumantes, mejoradores de índice de viscosidad y detergentes dispersantes.

Según (TotalEnergies, 2017) los aceites lubricantes están compuestos principalmente por aceites base y aditivos. El aceite base constituye entre el 70% y el 90% de la composición total de un lubricante y es el componente principal que determina las propiedades fundamentales del aceite. Existen varios tipos de aceites base, que se clasifican en tres categorías principales: aceites minerales, aceites sintéticos y aceites semisintéticos (Figura 2).

Figura 2*Formulación de Lubricantes*

Tomado de: (Tagle, 2024)

Los aceites minerales son derivados del petróleo crudo mediante un proceso de refinación, los aceites minerales son los más comunes según. Dentro de esta categoría, los aceites parafínicos tienen buenas propiedades de viscosidad a altas temperaturas y estabilidad térmica; los aceites nafténicos ofrecen mejor solubilidad para aditivos y propiedades de fluidez a bajas temperaturas, pero menor estabilidad térmica; y los aceites aromáticos se utilizan principalmente como componentes en la fabricación de otros productos lubricantes.

Según (América, 2020) los aceites sintéticos son fabricados mediante procesos químicos específicos, estos aceites ofrecen mejores propiedades de rendimiento en comparación con los aceites minerales. Los más comunes son las polialfaolefinas (PAO), que tienen excelente estabilidad térmica y oxidativa, y buenas propiedades de viscosidad; los ésteres, que ofrecen alta estabilidad térmica y buena solubilidad para aditivos; y los poliglicoles, que tienen excelentes propiedades de lubricación y estabilidad a altas temperaturas.

Los aceites semi-sintéticos son una mezcla de aceites minerales y sintéticos, los aceites semi-sintéticos están diseñados para combinar los beneficios de ambos tipos, ofreciendo mejor

rendimiento que los aceites minerales, pero a un costo menor que los aceites completamente sintéticos.

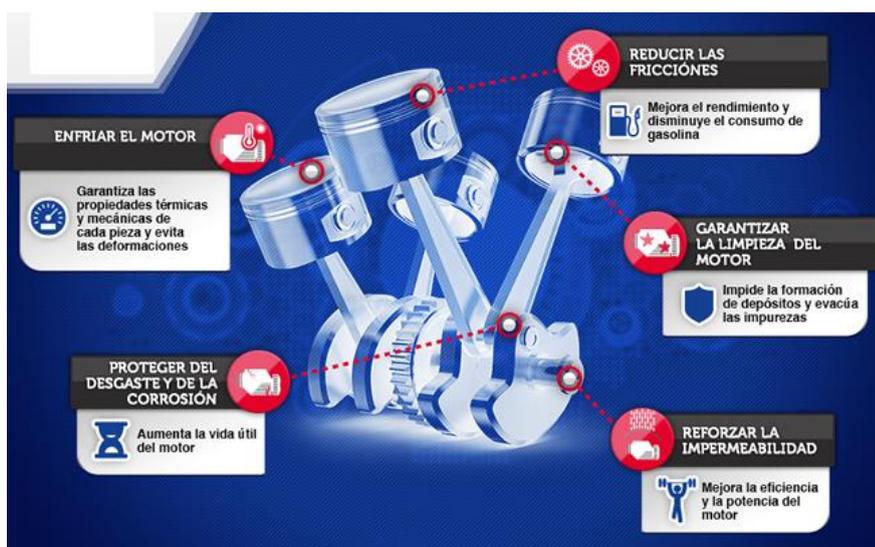
La viscosidad representa una característica fundamental en los lubricantes y constituye un criterio central en numerosos sistemas de clasificación de aceites. Su definición se centra en la resistencia de un líquido a fluir. La viscosidad, por tanto, se ve influenciada por diversas condiciones ambientales, siendo la temperatura y la presión dos de los factores más significativos. Además, su nivel puede ser modificado por la presencia de aditivos específicos, los cuales alteran la composición y estructura del aceite lubricante (Palomino, 2017).

2.1.3 Funciones del Aceite Lubricante

Según (Plaza, 2023) establece que el aceite lubricante, una pieza fundamental en el funcionamiento de los motores, desempeña diversas funciones cruciales para mantener su eficiencia y prolongar su vida útil. Desde la reducción de la fricción entre las piezas móviles hasta la disipación del calor generado por la combustión, el aceite lubricante juega un papel vital en el rendimiento y la fiabilidad del motor.

Figura 3

Función del Aceite Lubricante



Tomado de: (Blanch, 2022)

Reducción de la fricción: El aceite lubricante actúa como un agente de reducción de la fricción entre las piezas móviles del motor. Al formar una capa protectora entre las superficies metálicas en movimiento, el aceite minimiza el contacto directo entre ellas, lo que reduce la fricción y el desgaste. Esto no solo prolonga la vida útil de las piezas móviles, como los pistones, los árboles de levas y los cojinetes, sino que también mejora la eficiencia general del motor al reducir las pérdidas de energía por fricción.

Disipación del calor: Otra función crucial del aceite lubricante es actuar como un medio de transferencia de calor dentro del motor. Durante el proceso de combustión, se generan altas temperaturas en el interior del motor, que pueden dañar las piezas y afectar su rendimiento. El aceite lubricante absorbe el calor generado y lo transporta lejos de las áreas críticas del motor hacia el cárter de aceite y el sistema de enfriamiento. Esto ayuda a mantener las temperaturas de funcionamiento dentro de límites seguros y contribuye a la durabilidad y fiabilidad del motor.

Protección contra la corrosión: El aceite lubricante forma una película protectora sobre las superficies metálicas del motor, lo que ayuda a prevenir la corrosión y el deterioro causados por la exposición al aire y la humedad. Esta película de aceite también ayuda a proteger contra la formación de óxido y la acumulación de depósitos corrosivos, especialmente en áreas propensas a la corrosión, como los cilindros, los cojinetes y los componentes del sistema de combustión.

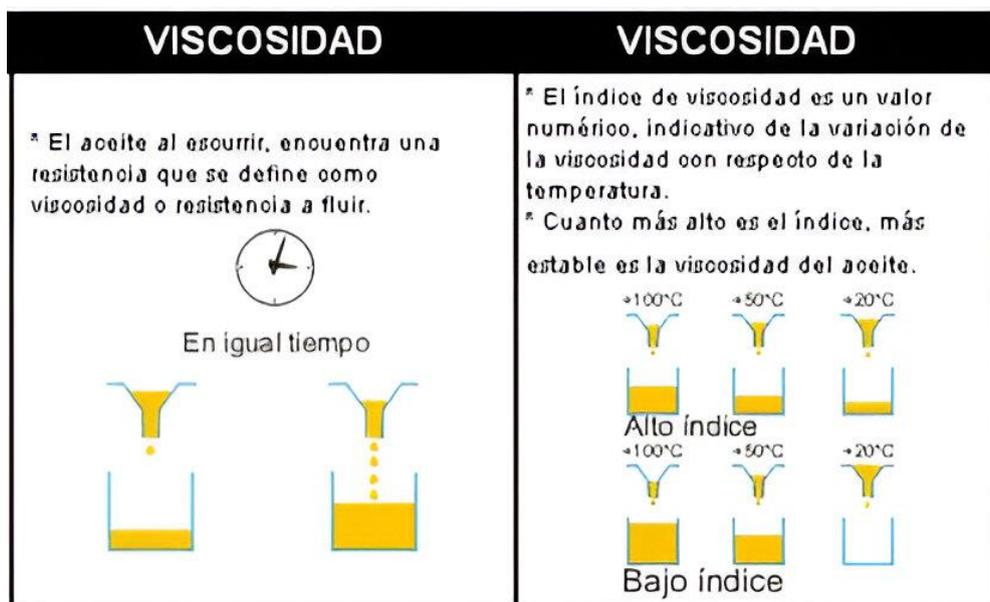
Limpieza y eliminación de contaminantes: El aceite lubricante también desempeña una función importante en la limpieza del motor al transportar partículas de suciedad, hollín y otros contaminantes fuera del motor. Estos contaminantes pueden ser productos de la combustión, como hollín y partículas de carbono, o residuos internos del motor, como lodos y depósitos. El aceite lubricante actúa como un agente de limpieza al suspender estas partículas en la suspensión y transportarlas hacia el filtro de aceite para su eliminación. Esto ayuda a mantener

limpios los componentes del motor y a prevenir la acumulación de depósitos que pueden obstruir los conductos de lubricación y afectar el rendimiento del motor.

Además, es crucial destacar que cuando el aceite no desempeña adecuadamente su función, el riesgo de averías severas aumenta, lo que puede derivar en reparaciones costosas y periodos de inactividad del vehículo (Herrera, 2023). Cuando se tiene una viscosidad inadecuada, esta puede comprometer la capacidad del aceite para mantener una película lubricante efectiva a altas temperaturas, lo que aumenta el riesgo de sobrecalentamiento y daños adicionales al motor (Figura 4).

Figura 4

Índice de viscosidad



Tomado de: (Física Termodinámica, 2014)

2.1.4 Aceite 15W-40

Según la Repsol (2024), empresa multienergética, el aceite de motor 15W-40 es una formulación multigrado, donde este tipo de aceite se compone de una mezcla de aceites base y aditivos que mejoran sus propiedades lubricantes y de protección. Los aceites base pueden ser minerales, sintéticos o una combinación de ambos, proporcionando la viscosidad y la lubricación necesarias.

La nomenclatura "15W-40" indica la viscosidad del aceite en diferentes condiciones de temperatura. El "15W" representa la viscosidad en frío (la "W" significa "Winter" o invierno), asegurando que el aceite permanezca fluido y eficaz a bajas temperaturas. El "40" indica la viscosidad del aceite a 100°C, garantizando una lubricación adecuada a temperaturas de funcionamiento elevadas.

El aceite 15W-40 es especialmente adecuado para motores que operan en condiciones variables, ofreciendo una protección óptima tanto en climas fríos como en climas cálidos. Se utiliza comúnmente en vehículos comerciales, camiones, maquinaria agrícola y equipos industriales.

Su versatilidad y capacidad para mantener la viscosidad en un amplio rango de temperaturas lo hacen ideal para motores que están sometidos a condiciones de trabajo intensivas y fluctuantes.

2.1.5 Aditivos

Los aditivos son compuestos químicos que se añaden a los aceites base para mejorar sus propiedades y desempeño. Pueden constituir entre el 10% y el 30% del aceite lubricante. Entre los principales tipos de aditivos se encuentran los detergentes, que mantienen limpio el motor al evitar la formación de depósitos y lodos; los dispersantes, que evitan que las partículas y residuos se aglomeren y formen depósitos; y los modificadores de viscosidad, que mejoran el comportamiento del aceite a diferentes temperaturas, asegurando que mantenga su viscosidad.

Según el Grupo Würth (2024), otros aditivos importantes incluyen los inhibidores de corrosión, que protegen las superficies metálicas del motor contra la corrosión; los inhibidores de oxidación, que evitan la degradación del aceite debido a la oxidación, prolongando su vida útil; los aditivos antidesgaste, que forman películas protectoras en las superficies metálicas para reducir el desgaste; y los aditivos de extrema presión, que proporcionan una protección adicional bajo condiciones de alta carga y temperatura.

2.1.6 Impacto del Uso en el Aceite de Motor

La temperatura es uno de los principales factores que influyen en la degradación del aceite. Las altas temperaturas, especialmente en condiciones de funcionamiento prolongadas o en climas cálidos, pueden provocar la oxidación del aceite y la formación de depósitos que pueden obstruir los conductos de lubricación y reducir la eficacia del aceite para proteger el motor. La carga del motor también puede afectar la degradación del aceite. El funcionamiento a altas revoluciones o con cargas pesadas puede aumentar la temperatura del motor y la presión sobre el aceite, lo que puede acelerar su degradación y reducir su vida útil.

Los intervalos de cambio de aceite también son importantes para mantener la calidad y el rendimiento del aceite. Los cambios de aceite regulares, siguiendo las recomendaciones del fabricante del vehículo, ayudan a eliminar los contaminantes acumulados y a mantener la viscosidad y las propiedades del aceite dentro de los límites aceptables.

El aceite semi sintético se compone de una base mineral extraída del petróleo crudo, combinada con un porcentaje de aceite sintético diseñado con propiedades específicas. La proporción de aceite sintético utilizado puede variar según el uso previsto y el tipo de vehículo en el que se empleará este lubricante (Fátima, 2021).

Un lubricante semi sintético se describe como aquel que combina aceite mineral con aceite sintético. Este producto presenta varias ventajas asociadas con los aceites sintéticos, como una mayor eficiencia en la lubricación en temperaturas extremas, una mayor resistencia al desgaste y una menor volatilidad. Sin embargo, a diferencia de los aceites sintéticos, este lubricante no tiene un costo tan elevado (Herrera, 2019).

La proporción exacta de aceites en esta mezcla es variable, ya que no existen regulaciones que establezcan el porcentaje mínimo de aceite sintético requerido para clasificar un lubricante como semisintético. De hecho, un lubricante puede considerarse semisintético con tan solo un 1% de aceite sintético en su composición.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 *Propiedades de los Aceites Lubricantes*

Lubricación Automotriz: La lubricación automotriz se refiere al proceso de reducir la fricción entre las piezas móviles del motor mediante el uso de un lubricante adecuado, como el aceite de motor. Este proceso es esencial para minimizar el desgaste y la corrosión de las piezas del motor, así como para garantizar un funcionamiento suave y eficiente del motor.

Viscosidad: La viscosidad es una medida de la resistencia del aceite a fluir y se refiere a su espesor o fluidez. Una viscosidad adecuada es crucial para asegurar una lubricación efectiva en una amplia gama de temperaturas y condiciones de funcionamiento del motor.

Color: Se refiere a la tonalidad visual del lubricante, que puede variar dependiendo de su composición y grado de contaminación. Un color anormal puede indicar la presencia de impurezas o degradación del lubricante.

Densidad: La densidad es la cantidad de masa por unidad de volumen de un lubricante. Una densidad específica puede proporcionar información sobre la composición y la pureza del lubricante.

Número de Neutralización: Este parámetro indica la acidez o alcalinidad del lubricante, y se utiliza para evaluar su capacidad para neutralizar los ácidos generados durante el funcionamiento del motor. Un número de neutralización elevado puede indicar una degradación del lubricante.

Punto de Anilina: El punto de anilina es la temperatura mínima a la cual el lubricante puede ser enfriado antes de solidificarse. Es un indicador importante de la capacidad del lubricante para resistir el frío y mantener su fluidez en condiciones de baja temperatura.

Antioxidantes: Los antioxidantes son aditivos que se añaden a los lubricantes para protegerlos contra la oxidación y el deterioro causado por el calor y el oxígeno. Ayudan a

prolongar la vida útil del lubricante y a mantener sus propiedades físicas y químicas estables durante el tiempo de servicio.

Anticorrosivos: Los aditivos anticorrosivos están diseñados para proteger las superficies metálicas de las piezas del motor contra la corrosión causada por la presencia de agua y otros contaminantes en el lubricante.

Antiherrumbre: Los aditivos antiherrumbre ayudan a prevenir la formación de óxido en las partes metálicas del motor al crear una capa protectora que las aísla del contacto con la humedad y otros agentes corrosivos.

2.2.2 Índice de viscosidad

Según la Widman International Srl, el índice de viscosidad (IV) es una medida crítica que indica cuánto varía la viscosidad del aceite con los cambios de temperatura. Un aceite con un alto índice de viscosidad experimenta menos cambios en su viscosidad con las variaciones de temperatura, lo que es altamente deseable para mantener una lubricación constante y efectiva en diferentes condiciones de operación.

Un alto índice de viscosidad significa que el aceite es menos susceptible a adelgazarse a altas temperaturas o espesarse a bajas temperaturas, lo que asegura una película lubricante efectiva y reduce el riesgo de desgaste y daños en el motor.

La metodología está descrita por la norma ASTM D2770. En este método, se mide la viscosidad de un fluido a 40°C y 100°C. Luego, se compara con dos aceites de referencia. El crudo de Pensilvania (parafínico) se estableció como referencia para cambios bajos con la temperatura, y se le asignó un índice de viscosidad de 100. Los crudos del Golfo de Texas, que son nafténicos y muestran una gran influencia de la temperatura en la viscosidad, se les asignó un índice de viscosidad de 0 (Mackenzie, 2022).

El índice de viscosidad se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 1*Fórmula de Índice de Viscosidad*

$$IV = (L - H/L - U) \times 100 \quad [1]$$

Donde:

L es la viscosidad a 40°C de un aceite con VI = 0.

H es la viscosidad a 40°C con un VI = 100.

U es la viscosidad del aceite probado a 40°C.

Los valores de L y H para una viscosidad específica del aceite están disponibles en la norma ASTM D2270. Estos valores son válidos solo para un aceite con una viscosidad menor de 70 cSt a 40°C. Para aceites con una viscosidad mayor de 70 cSt, L y H se calculan con las siguientes fórmulas, donde Y es la viscosidad del fluido a 100°C:

Ecuación 2*Cálculo de viscosidad L a 40°C mayor de 70 cSt*

$$L = 0.8353Y^2 + 14.67Y - 216 \quad [2]$$

Ecuación 3*Cálculo de viscosidad H a 40°C mayor de 70 cSt*

$$H = 0.1684Y^2 + 11.85Y - 97 \quad [3]$$

2.2.3 Normativas y Estándares de Calidad

Las normativas y estándares de calidad son fundamentales en la industria de los lubricantes, ya que proporcionan directrices y especificaciones que los aceites lubricantes deben cumplir para garantizar su rendimiento óptimo y la protección adecuada del motor. Dos de las principales normativas son la clasificación API (American Petroleum Institute) y las especificaciones ACEA (European Automobile Manufacturers' Association).

La clasificación API establece diferentes categorías de rendimiento para los aceites lubricantes, identificadas por letras y números, que indican su idoneidad para diferentes tipos de motores y condiciones de operación. Por ejemplo, la categoría API SN es una de las más recientes y está diseñada para motores de gasolina modernos, mientras que la categoría API CJ-4 está dirigida a motores diésel de servicio pesado.

Siendo en este caso, este tipo de aceite en particular, cumpliendo las especificaciones de calidad de Detroit Diésel DFS 93K222, DFS 93K218, DFS 93K223(1), Daimler MB 228.31(2), MAN M3575(2), MTU Category 2.1 (2), Renault RLD-4, RLD-3.

2.2.4 Viscosímetro Capilar

Para medir la viscosidad del aceite de motor, se emplean dispositivos especializados conocidos como viscosímetros. Estos instrumentos son esenciales en la industria automotriz y en la producción de lubricantes, ya que brindan datos precisos sobre las propiedades de fluidez de los aceites, cruciales para asegurar el rendimiento y la protección del motor (Figura 5).

Figura 5

Viscosímetro Capilar



Tomado de: (Cannon Instrument Company, 2023)

Según Noria (2022) el viscosímetro capilar es uno de los instrumentos más precisos y frecuentemente utilizados para medir la viscosidad cinemática de líquidos, como el aceite de motor. Este instrumento mide el tiempo que tarda una cantidad fija de líquido en fluir a través de un tubo capilar bajo la influencia de la gravedad o mediante succión, el cual está compuesto por un tubo de vidrio en forma de "U", también conocido como tubo en U, que se sumerge en un baño de temperatura controlada para mantener condiciones consistentes durante la medición. Este control de temperatura es vital porque la viscosidad del aceite varía con la temperatura

Los viscosímetros capilares varían de marcas, modelos y tamaños, donde su característica más importante es el "Size" o tamaño, ya que este se refiere al tamaño del capilar del viscosímetro, donde este corresponde a un rango específico de viscosidad que el viscosímetro puede medir de manera precisa. Cada tamaño tiene un diámetro específico y está calibrado para medir viscosidades dentro de un rango determinado a temperaturas específicas.

2.2.5 Baño de Viscosidad

Un baño de viscosidad es un equipo esencial utilizado en los laboratorios para controlar la temperatura de las muestras de aceite durante las pruebas de viscosidad (Ingeniería SAS, 2021). La viscosidad del aceite es altamente dependiente de la temperatura; por lo tanto, mantener una temperatura constante es crucial para obtener mediciones precisas y reproducibles.

Según Tejedor (2024) las temperaturas comúnmente utilizadas son 40 °C y 100 °C, ya que representan condiciones estándar para las pruebas de viscosidad de aceites de motor. Este control preciso de la temperatura asegura que las propiedades del aceite se midan en condiciones consistentes, permitiendo comparaciones fiables y precisas entre diferentes muestras y formulaciones de aceite. Además, el uso de un baño de viscosidad minimiza los errores experimentales y garantiza que los resultados obtenidos reflejen con precisión el comportamiento del aceite bajo condiciones específicas de temperatura.

En un baño de viscosidad, las muestras de aceite se sumergen en un líquido de control térmico, como agua o aceite, que se mantiene a una temperatura constante mediante un termostato (Figura 6).

Figura 6

Baño de Viscosidad Cinemática



Tomado de: (Grupo Comsurlab, 2020)

Capítulo III

Procedimientos Experimentales y Herramientas para el Análisis de Viscosidad

El objetivo principal de este capítulo es llevar a cabo el análisis de la viscosidad del aceite lubricante, mediante procedimientos experimentales detallados y herramientas especializadas. Este capítulo describe los métodos empleados, las características del vehículo y del aceite de motor 15W40 de la marca Golden Bear durante su uso en un Skoda Octavia del 2008 con motor diésel AGR Volkswagen analizados, así como los equipos utilizados para obtener resultados precisos.

3.1 Diseño de la Investigación

La investigación sigue un diseño experimental longitudinal, en el cual se monitorea la viscosidad del aceite de motor a lo largo de un periodo de uso determinado. Este enfoque permite observar las variaciones en las propiedades del aceite a lo largo del tiempo, ofreciendo una visión clara de su desempeño en condiciones reales de operación.

En un diseño experimental longitudinal, se recogen datos en múltiples puntos temporales durante el periodo de estudio, lo que permite evaluar la evolución de las variables de interés. Este método de recolección proporciona una serie de datos secuenciales que revelan cómo la viscosidad del aceite cambia con el tiempo y el uso.

3.2 Características del vehículo

Para el trabajo se selecciona como vehículo de prueba el Skoda Octavia Tour 1.9 Diesel del año 2008, el cual es reconocido por su rendimiento y diseño robusto en el mercado.

3.2.1 Especificaciones Técnicas

El análisis detallado de las especificaciones técnicas del vehículo de prueba es fundamental para entender el contexto y las condiciones en las que se realizará el estudio, las cuales ofrecen una visión clara del rendimiento y las capacidades del vehículo, lo que permite una interpretación precisa de los resultados del estudio.

Tabla 1*Datos del Vehículo Skoda Octavia Tour*

Dato	Especificación
Marca	Skoda
Modelo	Octavia Tour
Año	2008
Cilindrada	1896 cm ³
Potencia Máxima	101 CV / 74 kW
Combustible	Gasóleo
Revoluciones potencia máximo	4.000 rpm
Revoluciones / par máximo	1.800 - 2.400 rpm
Par máximo	
Consumo urbano	6.6 l/100 km
Consumo autopista	4.4 l/100 km
Consumo medio	5.2 l/100 km
Coefficiente Cx	
Depósito de combustible	55 l

3.2.2 Características del Vehículo

En esta sección, se presentarán los detalles actuales y el estado del vehículo al inicio de la prueba, proporcionando un contexto claro para la evaluación de la variación en la viscosidad del aceite a lo largo del tiempo de servicio.

Cabe recalcar que el motor se encuentra en buen estado, no sufre de recalentamientos, se encuentra en óptimas condiciones para la prueba sin ningún inconveniente que pudiera provocar complicaciones, la cual dichas evidencias se logran visualizar en los anexos A y B.

Tabla 2*Características de Vehículo Utilizado para la Prueba*

Características	Descripción
Motor	Original – Sin modificación
Kilometraje	222296 km
Cantidad de cilindros	4

Las pruebas se realizan en el vehículo mostrado en la figura 7.

Figura 7

Fotografía del Vehículo para la Prueba



3.3 Características del Aceite

Para la realización de este estudio, se ha seleccionado el aceite de motor 15W40 de la marca Golden Bear, el cual tiene como nombre técnico “CIAR OIL LSWP SAE 15W40 API CK4/SN SEMI SYNTHETIC SHPD (Súper High Performance Diésel)”, donde es considerado un lubricante Premium con elevada concentración de Bases Sintéticas de alta calidad superior al 50% en su composición, las cuales son mezcladas con bases Grupo II importadas.

3.3.1 Beneficios

Este apartado se centra en los beneficios del aceite lubricante, destacando su avanzada tecnología y sus ventajas en términos de protección contra el desgaste, resistencia a la oxidación y limpieza del motor. Además, se explorarán las mejoras que ofrece en comparación con versiones anteriores y su impacto positivo en el rendimiento y durabilidad del motor.

- Cuenta con una tecnología LSWP (Long Service Wear Protection), el aceite ofrece un 50% más de protección contra el desgaste, resistencia a la oxidación a altas temperaturas y limpieza de los componentes del motor en comparación con la especificación anterior CJ-4.

- Presenta una excelente estabilidad mecánica y una menor tendencia a la formación de cenizas, junto con un paquete de aditivos API CK-4, proporciona una elevada estabilidad química y física.
- Los periodos de cambio de aceite son significativamente más largos en comparación con la versión anterior CJ-4.

3.3.2 *Calidad*

Con respecto a esto, el aceite nos brinda información de los cuales nos especifica que cumple y excede las especificaciones de la tabla 3.

Tabla 3

Especificaciones de Calidad

Especificaciones	
API CK-4	CJ-4
CI-4	CI-4 PLUS – API SN (Para motores a gasolina)
ACEA E9 -2012	E7 - Mack EOS -4.5
EO-O Premium Plus	EO-N – Volvo VDS-4.5
VDS-4	VDS-3
Caterpillar ECF-3	ECF-2
Cummins CEA 20086	CES 20081
CES 20087(1)	Detroit Diésel DFS 93K222
DFS 93K218	DFS 93K223(1)
Daimler MB 228.31(2)	MAN M3575(2)
MTU Category 2.1 (2)	Renault RLD-4, RLD-3

3.3.3 *Propiedades*

Para comprender el rendimiento de este aceite de motor, es esencial analizar sus propiedades clave. En este apartado, se detallarán las características técnicas y químicas que definen su calidad y efectividad, destacando cómo estas propiedades contribuyen a la protección y eficiencia del motor.

Tabla 4*Propiedades*

Viscosidad	Propiedades Típicas
cSt 40°C	118,5
cSt 100°C	16,0
Índice de Viscosidad	144
C.C.S.	6200cP @-20°C
Pumping Viscosity	1800cP @-25°C
Hths Cp @ 150°C	4,4
Noack	7,0%
Pour Point C°	-35°C
Flash Point	240°C
TBN	10,0
Cenizas Sulfatadas	852% Wt

3.4 Equipos y Herramientas para el Análisis del Aceite Lubricante

La metodología aplicada en el presente estudio sobre la evaluación de la viscosidad del aceite de motor se basa en un conjunto de pasos secuenciales diseñados para alcanzar el objetivo propuesto. Este enfoque garantiza que cada etapa del análisis se realice de manera ordenada y sistemática, permitiendo obtener resultados precisos y confiables.

3.4.1 Elementos para recolección de muestras

Para asegurar la precisión y la integridad de las muestras de aceite recogidas durante el estudio, se utilizaron los siguientes elementos: El uso de guantes de nitrilo, ya que, es esencial para prevenir la contaminación de las muestras de aceite con partículas o sustancias externas. Estos guantes permiten manipular los instrumentos y las muestras de manera higiénica y segura. Las bolsas Ziploc que se utilizan para el proceso de la toma de muestra de aceite que aseguran que las muestras permanezcan selladas y protegidas de cualquier contaminación externa durante

el proceso de recolección de aceite. Los envases estériles que sirven para evitar cualquier tipo de contaminación y asegurar que las muestras se mantengan en su estado original hasta que sean analizadas. La manguera de vinyl de dimensión 1/8" es ideal para que entre en la boquilla del vampiro. Todo esto como se muestra en la figura 8.

Figura 8

Elementos Utilizados



Como principal herramienta, el vampiro, el cual es utilizado para la extracción de muestras de aceite desde el motor sin necesidad de desmontar componentes. El cual funciona mediante succión para extraer muestras, donde se inserta una sonda a través del puerto de medición o el conducto del aceite, y el aceite es aspirado hacia un recipiente estéril. Esto permite recolectar muestras sin necesidad de desmontar componentes del motor.

Este equipo permite una extracción rápida y efectiva, garantizando que las muestras sean representativas del estado del aceite en uso, como se observa en la figura 9.

Figura 9

Bomba de Muestreo Vampiro



Tomado de: (Amazon, 2024)

3.4.2 Procedimiento Experimental

Este apartado detalla el procedimiento experimental para la recolección de muestras de aceite y el análisis de sus propiedades a lo largo del tiempo. Se describen los pasos previos tales como el mantenimiento del vehículo, el cambio de componentes críticos, las preparaciones para las muestras y el método de recolección y manejo de las muestras.

3.4.3 Mantenimientos Previos al Vehículo

Antes de iniciar el periodo de pruebas y recolección de muestras de aceite, se realizaron las siguientes actividades de mantenimiento para asegurar que el vehículo estuviera en condiciones óptimas:

Cambio de Filtros: Antes de iniciar el proceso de recolección de muestras de aceite, se realizó una sustitución de varios filtros críticos, esenciales para el correcto funcionamiento del motor y la precisión de las pruebas.

Filtro de Aire: Se reemplazó el filtro de aire, mostrado en la figura 10, para asegurar que el motor recibiera aire limpio y sin obstrucciones, optimizando así la combustión y el rendimiento del motor.

Figura 10*Cambio de Filtro de Aire*

Filtro de Combustible: Se cambió el filtro de combustible, mostrado en la figura 11, para garantizar que el combustible entrante estuviera libre de impurezas, lo cual es crucial para evitar daños en el sistema de inyección y asegurar un flujo adecuado de combustible.

Figura 11*Cambio de Filtro de Combustible*

Filtro de Aceite: Se instaló un filtro de aceite nuevo, como se observa en la figura 12, para asegurar que el aceite de motor circule limpio, evitando la recirculación de partículas que podrían afectar las mediciones de viscosidad y el rendimiento del motor.

Figura 12

Cambio de Filtro de Aceite



Cambio de Aceite: El cambio de aceite es una parte fundamental en la preparación del vehículo para la toma de muestras y la evaluación de su rendimiento. Este proceso garantiza que el motor funcione con un lubricante limpio y de calidad, esencial para obtener resultados precisos durante el análisis.

Para comenzar, es necesario asegurar que el vehículo esté en una superficie nivelada y que el motor esté apagado y frío, para evitar quemaduras al manipular el aceite caliente. Luego, se procede a drenar el aceite usado del cárter, quitando el tapón de drenaje, como se muestra en la figura 13, y permitiendo que todo el aceite antiguo se vacíe completamente en un recipiente adecuado. Una vez drenado el aceite viejo se reinstala el tapón de drenaje de manera segura para evitar fugas.

Figura 13*Drenado del aceite viejo*

El siguiente paso es rellenar el motor con el nuevo aceite, en este caso, 15W-40, el cual se logra ver en las figuras 14 y 15. Es crucial seguir las especificaciones del fabricante del vehículo en cuanto a la cantidad y el tipo de aceite. Después de agregar el aceite nuevo, se debe encender el motor brevemente para permitir que el nuevo aceite circule y se distribuya uniformemente.

Figura 14*Envases de Aceite Nuevos y Sellados*

Figura 15

Cambio de Aceite



3.4.4 Preparación para la Toma de Muestra

La preparación incluye el uso de equipos adecuados como guantes, frascos nuevos, mangueras limpias, y la bomba de vacío. Según LTH, líder mundial en soluciones de almacenamiento de energía, es fundamental que el aceite esté a temperatura óptima, para lo cual se enciende el motor durante unos 8 minutos antes de la toma de muestras.

El procedimiento comienza asegurándose de tener todo el equipo necesario, incluyendo la bomba de vacío, frascos nuevos para la muestra, mangueras nuevas, cúter o navaja, guantes, toallas que no generen pelusa y etiquetas para los datos de la muestra. Es crucial que los frascos y mangueras estén libres de polvo y almacenados correctamente.

Antes de abrir el capó del vehículo, se debe activar el freno de emergencia y, si el motor no ha sido apagado recientemente, encenderlo durante unos 8 minutos para que el aceite recircule adecuadamente.

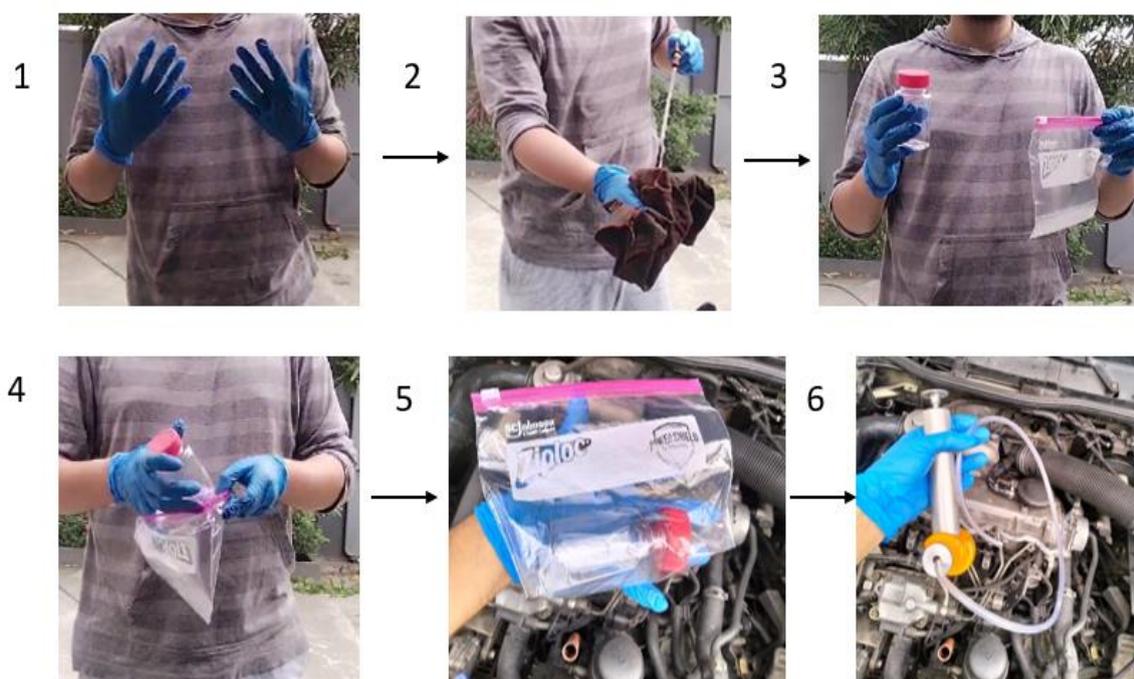
Para tomar la muestra, se retira y limpia la bayoneta, se mide y corta la manguera de muestreo añadiendo 15 centímetros de tolerancia, que en este caso se dio como total 75

centímetros de manguera para cada toma de muestra, y se conecta a la bomba de vacío. La manguera se inserta en el tubo de la bayoneta y se bombea la manija de la bomba para crear vacío, llenando el frasco que es de muestra solo 50 ml, donde es importante mantener la bomba horizontal para evitar derrames y contaminación del aceite.

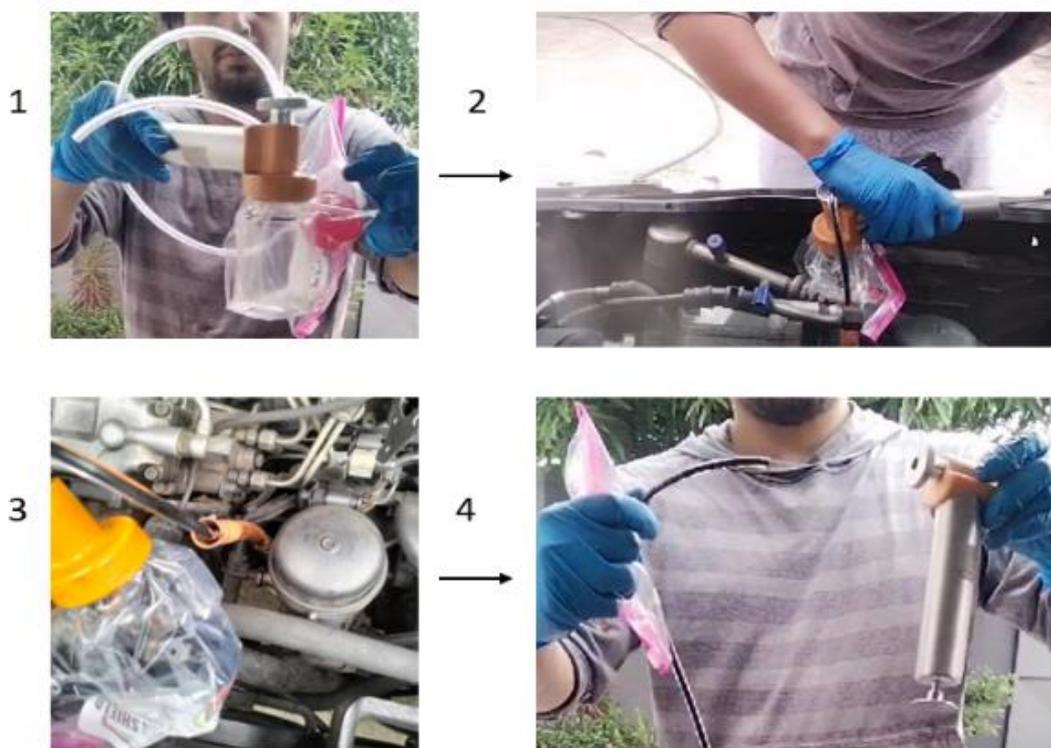
La manera correcta de este paso es colocando el envase cerrado dentro de la funda plástica con zip, con la funda zip cerrada se procede a abrir el envase, y con el envase abierto se lo enroscó a la bomba de vacío, ya que así se evitan cualquier contaminación, como se logra observar este proceso en la figura 16.

Figura 16

Proceso de Preparación de Materiales para Recolección



Una vez tomada la muestra, se saca la manguera, se tapa el frasco dentro de la funda plástica con zip, ya cerrado el envase, demostrando el proceso en la figura 17, se lo retira de la funda, como podemos ver en la figura 18, y se etiqueta con los datos necesarios antes de enviarla al laboratorio de análisis de aceite usado.

Figura 17*Proceso de Recolección de Aceite***Figura 18***Muestra de Aceite*

Al finalizar el procedimiento, se deben seguir recomendaciones adicionales, como limpiar la bomba de vacío antes y después de cada uso, usar una manguera nueva para cada

muestra y desecharla correctamente, y evitar tomar muestras directamente del filtro de aceite, la charola de derrame o el cárter, ya que estas áreas pueden contener contaminantes que alterarían los resultados del análisis.

3.4.5 Prueba de Viscosidad

La prueba de viscosidad se realiza típicamente bajo condiciones controladas de temperatura, ya que la viscosidad del aceite varía significativamente con la temperatura. Se utiliza un viscosímetro capilar, uno de los dispositivos más comunes para este tipo de pruebas. Este instrumento consiste en un tubo capilar a través del cual fluye el aceite a una temperatura específica.

Esto se llevó a cabo utilizando una bañera de viscosidad o tina de viscosidad, en la que se emplearon viscosímetros capilares específicos para medir la viscosidad del aceite a distintas temperaturas. Los viscosímetros utilizados fueron dos: uno numerado A453 con medida 300 para las pruebas a 40 grados Celsius y otro numerado Y189 con medida 150 para las pruebas a 100 grados Celsius. Dichos viscosímetros fueron específicamente seleccionados por sus características requeridas para el desarrollo del proyecto, ya que, cada tamaño de capilar está calibrado para medir viscosidades dentro de un rango específico, estos cuentan con características en conforme a las normativas ASTM D445IP71, BS188 y ISO3105.

Antes de realizar las mediciones, fue necesario limpiar los viscosímetros para asegurar la precisión de los resultados. Este proceso de limpieza se realizó con diluyente para eliminar cualquier residuo o impureza que pudiera afectar la medición. Posteriormente, se utilizó una pera de succión para secar completamente los viscosímetros, garantizando que estuvieran libres de humedad. El procedimiento fue el siguiente:

La bañera se ajustó a la temperatura específica para cada prueba, asegurando que el aceite se mantuviera a una temperatura constante durante el ensayo, mostrado en la figura 19.

Figura 19

Bañera de Viscosidad



Los viscosímetros se llenaron con la muestra de aceite, previamente batidos para evitar concentraciones, mostrado en la figura 20, de igual manera con la ayuda de la pera de succión. Es crucial que este paso se realice con cuidado para evitar la formación de burbujas de aire, las cuales pueden influir negativamente en la precisión de la medición.

Figura 20

Viscosímetros con Muestra



Una vez que los viscosímetros estuvieron llenos y en equilibrio térmico con la bañera, donde se los deja alrededor de 10 minutos que caliente la muestra, y se registró el tiempo que tardó el aceite en fluir desde un punto marcado en el viscosímetro hasta otro punto marcado. Este tiempo de flujo se midió para cada viscosímetro a sus respectivas temperaturas de prueba (40 grados Celsius y 100 grados Celsius), mostrado en la figura 21.

Figura 21

Medición del Tiempo de Flujo



Los tiempos medidos transformados a segundos se multiplicaron por las constantes específicas de cada viscosímetro para calcular la viscosidad cinemática del aceite a las temperaturas ensayadas, donde estas constantes de cada viscosímetro fueron vistas en los certificados de calibración brindadas por el laboratorio, siendo la constante del viscosímetro A453 a 40 °C, 0,22890, y la constante del viscosímetro Y189 a 100 °C, 0,03463.

3.5 Resultados Obtenidos

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de viscosidad realizadas sobre las muestras de aceite 15W40 utilizando dos viscosímetros capilares diferentes

a 40 °C y 100 °C. Las pruebas se realizaron con la finalidad de determinar la viscosidad cinemática a estas temperaturas y, posteriormente, calcular el índice de viscosidad.

3.5.1 *Tiempos Cronometrados Obtenidos*

A continuación, se presentan los tiempos de flujo obtenidos para cada muestra, donde estos tiempos servirán como base para los cálculos posteriores de la viscosidad y el índice de viscosidad, proporcionando una evaluación precisa del comportamiento del aceite bajo condiciones controladas.

Se presenta en la tabla 5 con los tiempos de flujo obtenidos para cada una de las muestras en los viscosímetros capilares numerados A453 y Y189.

Tabla 5

Tiempos Cronometrados

Muestras	Tiempo (s) a 40 °C	Tiempo (s) a 100 °C
Muestra 1	500,35	455,6
Muestra 2	513,69	461,13
Muestra 3	523,17	466,75
Muestra 4	530,35	469,1
Muestra 5	536,78	471,28
Muestra 6	545,36	474,16
Muestra 7	552,70	476,48
Muestra 8	559,86	478,83

3.5.2 *Viscosidad Cinemática Calculada*

Para calcular la viscosidad cinemática (ν), se utiliza la fórmula: $\nu = k \cdot t$, donde k es la constante del viscosímetro y t es el tiempo medido, con unidad de centistokes (cSt). Las constantes para los viscosímetros A453 y Y189, son, 0,2289 para el viscosímetro A453 y 0,03463 para el viscosímetro Y189.

Tabla 6*Viscosidad Cinemática*

Muestra	Viscosidad Cinemática (cSt)	
	(Viscosímetro A453) 40 °C	(Viscosímetro Y189) 100 °C
Muestra 1	114,53012	15,777428
Muestra 2	117,58364	15,968932
Muestra 3	119,75361	16,163553
Muestra 4	121,39712	16,244933
Muestra 5	122,86894	16,320426
Muestra 6	124,8329	16,420161
Muestra 7	126,51303	16,500502
Muestra 8	128,15195	16,581883

3.5.3 Cálculo del Índice de Viscosidad

Para calcular el índice de viscosidad, se utilizaron calculadoras web especializadas, como se logra observar en la figura 22 y 23. Estas herramientas en línea permitieron obtener resultados precisos y consistentes a partir de los tiempos medidos en las pruebas de viscosidad a 40 °C y 100 °C, asegurando una evaluación precisa del comportamiento del aceite bajo diferentes condiciones de temperatura.

Figura 22*Calculadora de Índice de Viscosidad*

Aceites lubricantes

Calculadora de índice de viscosidad.

Utiliza esta calculadora para encontrar el índice de viscosidad de un aceite lubricante. Se utiliza como información entrada la viscosidad en centiStokes a 40°C y la viscosidad en centiStokes a 100°C.

Viscosidad cSt (mm²/s) a 40°C.

Viscosidad cSt (mm²/s) a 100°C.

CALCULAR

Índice de viscosidad del aceite

0

Tomado de: (Interlub, 2024)

Figura 23

Segunda Calculadora de Índice de Viscosidad

Índice de viscosidad de los lubricantes

El índice de viscosidad puede calcularse para aceites y aceites base de una grasa lubricante de Klüber Lubrication a partir de la viscosidad cinemática conocida a 40 °C y a 100 °C. Cuanto mayor sea el índice de viscosidad, menor será el cambio de la viscosidad a distintas temperaturas. Con un índice de viscosidad elevado, se consiguen propiedades de lubricación constantes en un rango amplio de temperaturas.

Viscosidad cinemática del aceite base

V 40°C 80	mm ² /s	V 100°C 50	mm ² /s
--------------	--------------------	---------------	--------------------

Calcular

Tomado de: (Kluber, 2024)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del índice de viscosidad en la siguiente tabla, calculados con base en las mediciones realizadas y los valores específicos de las pruebas con la ayuda de las calculadoras online.

Tabla 7

Resultados Obtenidos

Índice de Viscosidad	
Muestra	Viscosidad
Muestra 1	146
Muestra 2	145
Muestra 3	144
Muestra 4	143
Muestra 5	142
Muestra 6	141
Muestra 7	140
Muestra 8	139

Capítulo IV

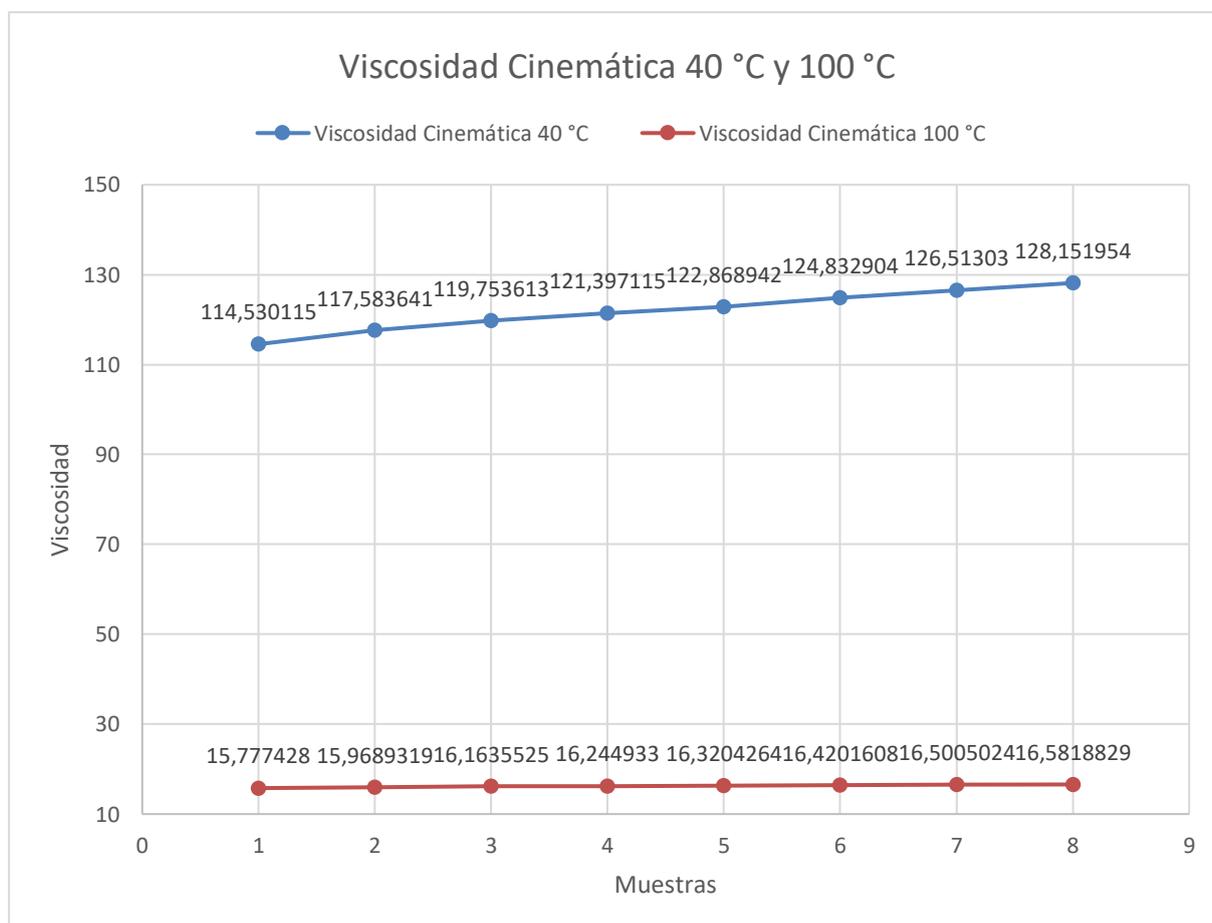
Análisis de Resultados

En esta sección se interpretan los resultados obtenidos del análisis de viscosidad del aceite lubricante, destacando las tendencias observadas y su relevancia para el mantenimiento y rendimiento del motor. Los datos presentados en el capítulo anterior permiten evaluar cómo se comporta el aceite bajo diferentes condiciones de temperatura y uso prolongado.

El análisis de los resultados muestra un aumento progresivo en los tiempos obtenidos para cada prueba de viscosidad a 40 y 100 grados, y una disminución correspondiente en el índice de viscosidad (IV). Este comportamiento puede atribuirse a varios factores relacionados con el envejecimiento y degradación del aceite de motor.

Figura 24

Viscosidades Cinemáticas



A medida que el aceite se utiliza en el motor, su estructura química y sus propiedades físicas se alteran debido a la exposición a altas temperaturas, presión, y la presencia de contaminantes. Esto puede provocar:

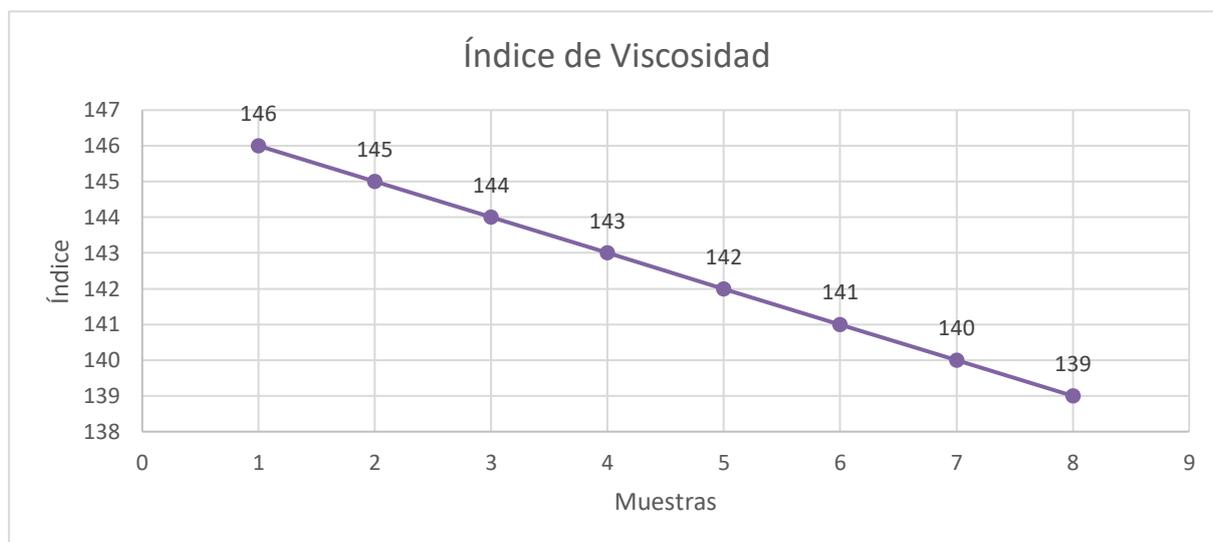
- **Oxidación del Aceite:** La exposición prolongada al calor y al oxígeno causa la oxidación del aceite, incrementando su viscosidad. Esto hace que el aceite fluya más lentamente a través del viscosímetro, resultando en tiempos más altos.
- **Contaminación:** Partículas de desgaste metálico, hollín, combustible no quemado, y otros contaminantes se mezclan con el aceite durante su uso, alterando su fluidez y aumentando la resistencia al flujo.
- **Pérdida de Aditivos:** Los aditivos presentes en el aceite, diseñados para mejorar su rendimiento, se degradan con el tiempo y el uso, disminuyendo la capacidad del aceite para mantener una viscosidad estable.

El índice de viscosidad (IV) es una medida de la estabilidad de la viscosidad del aceite con respecto a los cambios de temperatura. Una disminución en el IV sugiere que el aceite se vuelve más sensible a las variaciones de temperatura, lo cual es indicativo de degradación. Las razones para esta disminución incluyen:

- **Degradación Térmica y Oxidativa:** A medida que el aceite se degrada, su capacidad para mantener una viscosidad constante en diferentes temperaturas disminuye, reduciendo el IV.
- **Contaminación con Productos de Combustión:** Los productos de combustión, como el hollín y los residuos de combustible, pueden afectar negativamente las propiedades del aceite, haciendo que su viscosidad varíe más con la temperatura.
- **Pérdida de Eficiencia de los Aditivos:** Los aditivos de mejora del IV, como los modificadores de viscosidad, pueden degradarse con el tiempo, reduciendo la capacidad del aceite para mantener su viscosidad estable.

Figura 25

Índice de Viscosidad



4.1 Análisis de los Tiempos Obtenidos

Los tiempos obtenidos durante las pruebas de viscosidad muestran un aumento progresivo con cada muestra. Este comportamiento se observa tanto en las pruebas realizadas a 40 grados como a 100 grados.

- A 40 grados: Los tiempos variaron desde 500.35 segundos en la primera muestra hasta 559.86 segundos en la última. Este incremento en el tiempo sugiere que el aceite se vuelve más viscoso a medida que se utiliza, lo que puede deberse a la oxidación y acumulación de contaminantes.
- A 100 grados: De manera similar, los tiempos fueron de 455.6 segundos en la primera muestra a 478.83 segundos en la última. Esto refuerza la observación de que el aceite se degrada y pierde su eficiencia con el uso.

A medida que el aceite se utiliza, su viscosidad aumenta debido a la oxidación y la acumulación de contaminantes. Esto hace que el aceite fluya más lentamente a través del viscosímetro capilar, aumentando el tiempo requerido para completar la prueba.

Las partículas de desgaste, hollín y otros contaminantes presentes en el aceite usado obstruyen el flujo y aumentan la resistencia al paso del aceite a través del capilar. La descomposición de los aditivos que ayudan a mantener la viscosidad y la limpieza del aceite también contribuye a un flujo más lento, reflejado en tiempos mayores.

4.2 Análisis de la Viscosidad Cinemática

El análisis de la viscosidad cinemática del aceite a diferentes temperaturas es fundamental para evaluar su rendimiento y capacidad de lubricación en condiciones operativas variadas. La viscosidad cinemática a 40 grados Celsius proporciona información sobre el comportamiento del aceite a temperaturas más bajas, mientras que la viscosidad a 100 grados Celsius es crucial para entender cómo se desempeña el aceite bajo las altas temperaturas típicas del funcionamiento del motor.

4.2.1 Interpretación de Resultados

La interpretación de los resultados obtenidos es fundamental para comprender el comportamiento del aceite bajo diferentes condiciones operativas y su impacto en el rendimiento del motor. A través del análisis de la viscosidad cinemática a 40 y 100 grados Celsius, se pueden extraer conclusiones significativas sobre el estado del aceite y la necesidad de su reemplazo. En esta sección, se detallarán los hallazgos clave y su relevancia para el mantenimiento preventivo y la optimización del rendimiento del motor.

Viscosidad Cinemática a 40 Grados Celsius: Se observó un incremento constante en la viscosidad cinemática a 40 grados a medida que se realizaron las pruebas. Esto sugiere que el aceite se deteriora con el uso, aumentando su viscosidad. A temperaturas más bajas, un aumento en la viscosidad puede indicar la formación de contaminantes o la degradación del aceite, lo que reduce su capacidad de fluir y lubricar eficientemente.

El análisis de la viscosidad cinemática a 40 grados Celsius mostró que, a pesar de los incrementos observados, todos los valores se mantuvieron dentro de los rangos aceptables

especificados para el aceite utilizado. Esto indica que, aunque el aceite experimentó cierta degradación con el uso, su capacidad para fluir y lubricar a bajas temperaturas permaneció adecuada durante todo el periodo de prueba.

El mantenimiento de la viscosidad dentro de los rangos especificados a 40 grados Celsius sugiere que el aceite sigue proporcionando una buena protección durante los arranques en frío. La lubricación eficiente en estas condiciones es crucial para minimizar el desgaste inicial y asegurar una operación suave del motor desde el momento del encendido.

Los resultados indican que, aunque el aceite se deteriora con el tiempo y el uso, su viscosidad a 40 grados se mantiene en niveles que permiten una operación segura del motor. Esto subraya la efectividad de la formulación del aceite y su resistencia a la degradación, lo cual es un indicativo positivo de su calidad y desempeño.

Viscosidad Cinemática a 100 Grados Celsius: Similar a las observaciones a 40 grados, la viscosidad cinemática a 100 grados Celsius también se mantuvo dentro de los rangos aceptables durante todas las pruebas. Esto es crucial, ya que una viscosidad adecuada a altas temperaturas asegura que el aceite pueda formar una película lubricante efectiva bajo condiciones de operación normal del motor.

El hecho de que la viscosidad a 100 grados permanezca dentro de los límites especificados significa que el aceite sigue protegiendo adecuadamente las partes internas del motor, incluso bajo cargas elevadas y temperaturas altas. Esto es esencial para prevenir el desgaste y la fricción excesiva, contribuyendo a la longevidad del motor.

Los datos obtenidos reflejan que el aceite mantiene su integridad y capacidad de lubricación, proporcionando un rendimiento constante y fiable durante todo el ciclo de uso. La estabilidad de la viscosidad a 100 grados refuerza la confianza en el aceite utilizado, demostrando su capacidad para soportar las exigencias operativas del motor sin comprometer su rendimiento.

4.3 Análisis del Índice de Viscosidad (IV)

El Índice de Viscosidad (IV) es una medida crucial que indica la estabilidad del aceite lubricante frente a los cambios de temperatura. Un IV más alto significa que la viscosidad del aceite varía menos con la temperatura, proporcionando una lubricación constante y eficaz. En este estudio, se utilizaron herramientas en línea para calcular el IV de manera precisa y eficiente.

4.3.1 Valores del Índice de Viscosidad

- IV inicial de 146: Este valor, correspondiente al aceite nuevo, indica una excelente estabilidad de la viscosidad con respecto a la temperatura. Un IV alto es deseable porque asegura que el aceite mantenga sus propiedades lubricantes en un amplio rango de temperaturas, protegiendo adecuadamente las partes móviles del motor.
- IV final de 139: Al finalizar las pruebas, el IV disminuyó a 139. Aunque hubo una reducción en el IV, este valor sigue siendo bueno y dentro de los límites aceptables, mostrando que el aceite aún mantiene una estabilidad de viscosidad adecuada para un rendimiento efectivo del motor.

4.3.2 Interpretación de la Disminución del Índice de Viscosidad

La reducción del IV, aunque presente, se mantuvo dentro de un rango positivo, lo que refleja varios aspectos positivos del desempeño del aceite a lo largo del periodo de uso:

Oxidación del Aceite: La oxidación es un proceso natural que ocurre con el uso del aceite. Sin embargo, el hecho de que el IV se haya mantenido en 139 indica que la oxidación y los productos resultantes no han comprometido significativamente la estabilidad de la viscosidad.

Descomposición y eficacia de Aditivos: Los aditivos de mejora de la viscosidad han mantenido su efectividad en gran medida, asegurando que el aceite sigue siendo capaz de proporcionar una lubricación consistente incluso después de un uso prolongado. Estos aditivos

han seguido funcionando correctamente, reduciendo la tasa de oxidación y ayudando a mantener la calidad del aceite.

Partículas de Desgaste: Aunque la fricción y el desgaste generan partículas que se mezclan con el aceite, la composición del aceite ha gestionado bien estas partículas, manteniendo su viscosidad dentro de los límites aceptables.

Hollín y Otros Contaminantes: La introducción de contaminantes ha sido mínima o ha sido efectivamente neutralizada por el aceite y sus aditivos, lo que ayuda a mantener la viscosidad estable.

Modificadores de Viscosidad: A pesar del uso prolongado, los modificadores de viscosidad han continuado proporcionando estabilidad a la viscosidad del aceite, evitando variaciones significativas con la temperatura.

El aceite cuenta con la tecnología LSWP (Long Service Wear Protection), que proporciona un 50% más de protección contra el desgaste, resistencia a la oxidación a altas temperaturas y limpieza de los componentes del motor en comparación con la especificación anterior CJ-4. Estos beneficios son cruciales para extender la vida útil del motor y reducir los costos de mantenimiento a largo plazo. Además, la excelente estabilidad mecánica y la menor tendencia a la formación de cenizas, junto con un paquete de aditivos API CK-4, aseguran una elevada estabilidad química y física.

Conclusiones

El estudio reveló que, con el aumento del tiempo de servicio, se observó un incremento en la viscosidad del aceite 15W40 a 40°C y 100°C. Este comportamiento indica una degradación progresiva del aceite a medida que se utiliza, aunque dicha degradación se mantuvo dentro de los límites aceptables para asegurar la protección del motor.

La estrategia de recolectar muestras en intervalos regulares permitió un análisis detallado de cómo varía la viscosidad del aceite a lo largo de su uso. Este enfoque proporcionó datos precisos que reflejan de manera confiable la evolución del aceite bajo condiciones de operación normales.

El índice de viscosidad inicial del aceite fue determinado en 146, disminuyendo a 139 después del tiempo de servicio, lo que indica que el aceite mantiene una estabilidad adecuada a lo largo del tiempo, asegurando su efectividad como lubricante en motores de combustión interna.

La evaluación de los resultados de las mediciones de viscosidad en función del lubricante utilizado ha revelado que el aceite seleccionado cumple con los estándares exigidos para un funcionamiento eficiente y seguro del motor. Los valores obtenidos indican que, incluso tras un uso prolongado, la viscosidad del aceite se mantiene dentro de los límites recomendados, garantizando una adecuada lubricación y minimizando el riesgo de desgaste prematuro de los componentes del motor. Estos hallazgos respaldan la elección del lubricante y su capacidad para ofrecer protección a largo plazo.

Recomendaciones

Se sugiere implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en el análisis de la viscosidad, para optimizar la vida útil del aceite y garantizar el buen funcionamiento del motor.

Es recomendable realizar un monitoreo continuo y más frecuente de la viscosidad del aceite en distintos intervalos de tiempo para detectar de manera temprana cualquier variación significativa que pudiera comprometer la protección del motor.

Se recomienda comparar el índice de viscosidad del aceite 15W40 con otros aceites de la misma categoría para identificar posibles mejoras en la formulación que podrían aumentar su estabilidad.

Es recomendable llevar a cabo estudios complementarios utilizando técnicas avanzadas como espectrometría infrarroja y medición de TBN (Total Base Number) para obtener una comprensión más completa de la degradación del aceite y su capacidad de protección a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

- AutoEvolution. (20 de febrero de 2024). AutoEvolution. <https://www.autoevolution.com/skoda/octavia/>
- Bassante & Singo (2022). Análisis físico químico para el aumento de su vía útil en aceites semisintéticos. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Quito. 31 p. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/5714>
- Blanch (2022). ¿Cuál es la importancia del aceite en tu motor? - Performance Lube. Performance Lube. <https://pldistribucion.com.ar/web/cual-es-la-importancia-del-aceite-en-tu-motor/>
- Bureau Veritas. (8 de junio de 2017). <https://lubrication-management.com/2017/06/08/conque-frecuencia-se-deben-tomar-las-muestras-de-aceite-de-los-motores-de-gas/#:~:text=Inicialmente%20se%20recomienda%20tomar%20muestras,tendencias%20de%20los%20par%C3%A1metros%20analizados>
- CANNON-Fenske Routine Viscometer. (2023). Cannoninstrument.com. <https://cannoninstrument.com/manual-glass-viscometers/cannon-fenske-routine-viscometer.html>
- Ciar Oil SAE 15W-40 API CK-4/SN - Golden Bear. (2023, Julio 13). Golden Bear. <https://lubrilaca.com/producto/ciar-oil-api-ck-4-sn/>
- CompraLubricantes.com. (2016). Aditivos de lubricantes: qué tipos hay. <https://compralubricantes.com/blog/home/aditivos-de-lubricantes-que-tipos-hay>
- Comunicación Noria. (13 de enero de 2020). La viscosidad cinemática explicada. <https://noria.mx/lube-learn/lubricacion-maquinaria-lube-learn/certificacion-mltii/la-viscosidad-cinematica-explicada-2/>
- Den. (8 de junio de 2021). Motor diésel: características, problemas, mejores modelos. AutoDoc Club: <https://club.autodoc.es/magazin/motor-diesel-caracteristicas-problemas-mejores-modelos>

- Física Termodinámica. (2014,). Viscosidad. <https://cristiantrocas.wordpress.com/segundo-corte/cuaderno-virtual/viscocity/viscosidad/>
- FlexFuel. (2023). La importancia de un correcto cambio de aceite en tu vehículo. <https://www.flexfuel-company.es/la-importancia-de-un-correcto-cambio-de-aceite-en-tu-vehiculo/#:~:text=Un%20cambio%20de%20aceite%20regular%20y%20adecuado%20es%20crucial%20para,optimizando%20la%20eficiencia%20del%20sistema.>
- Google. (2024). [Lubrilaca] Recuperado el 27 de junio de 2024 de <https://www.google.com/maps/place/Lubrilaca/@-2.1396212,-79.9142876,15z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0x47aeaf3fa4a82b75?sa=X&ved=1t:2428&ictx=111>
- Grupo Comsurlab. (2020). Baño de viscosidad cinemática KV1000. <https://www.grupocomsurlab.com/kv1000-kinematic-viscosity-bath/>
- Grupo WÜRTH. (2024). Aditivo para aceite de motor: qué es y cómo funciona. <https://www.wurth.com.ar/blog/aditivos-para-motores/aditivo-para-aceite-de-motor-que-es-y-como-funciona/>
- Índice de Viscosidad | Widman International SRL. (2024). Widman International SRL. <https://widman.biz/Seleccion/iv.php>
- Jiménez (2022). Qué es el aceite semisintético, y qué ventajas y desventajas ofrece respecto a otros tipos de aceite. DiarioMotor: <https://www.diariomotor.com/que-es/aceite-semisintetico/>
- Klüber Lubrication: Cálculo del índice de viscosidad. (2024). Klueber.com; Klüber Lubrication. <https://www.klueber.com/ar/es/productos-y-servicios/servicios/calculo-del-indice-de-viscosidad/>

- Latin (2024). Aceite Sintético: ¿Qué necesitan saber los consumidores? <https://noria.mx/lube-learn/lubricacion-maquinaria-lube-learn/certificacion-mltii/aceite-sintetico-que-necesitan-saber-los-consumidores/>
- Lubricación. (2024). SlideShare; Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/lubricacion-12777021/12777021>
- MacKenzie (2022, May 15). Viscosity and the viscosity index | Gear Solutions Magazine Your Resource to the Gear Industry. Gearsolutions.com. <https://gearsolutions.com/departments/hot-seat/viscosity-and-the-viscosity-index/>
- Manopanta (2024). Degradation of Synthetic Oils: Physicochemical Viscosity Tests. In: Vizuite, M.Z., et al. Innovation and Research – Smart Technologies & Systems. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63434-5_7
- Martín (2021). Factores que influyen en la degradación de los lubricantes industriales. <https://www.linkedin.com/pulse/factores-que-influyen-en-la-degradaci%C3%B3n-de-los-nicol%C3%A1s-mart%C3%ADn>
- Motor Mapfre. (2022). Blog Motor Mapfre. <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-mantenimiento/indice-viscosidad-aceite/>
- Noria Larín América. (2024). Lo que se debe y no se debe hacer al tomar muestras de aceite. <https://noria.mx/lube-learn/lo-que-se-debe-y-no-se-debe-hacer-al-tomar-muestras-de-aceite/>
- Noria Latín América. (27 de diciembre de 2021). Los fundamentos del muestreo de aceite usado. <https://noria.mx/lube-learn/analisis-de-aceite/los-fundamentos-del-muestreo-de-aceite-usado/>
- Palomino (23 de agosto de 2017). Viscosidad: Propiedad importante de los lubricantes. Mecánica Nitro. <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/viscosidad-propiedad-importante-de-los-lubricantes.html>

- Plaza (2019). El motor diésel: funcionamiento y aplicaciones. Motor.es.
<https://www.motor.es/que-es/motor-diesel>
- Pochteca. (2022). Aceites minerales, ¿Qué son y qué ventajas ofrecen?
<https://tienda.pochteca.com.mx/blog/post/aceites-minerales-que-son-y-que-ventajas-ofrecen.html>
- Prodinsa. (2024). Prodinsa. <https://prodinsa.com/asistencia-tecnica/preguntas-frecuentes-faq/viscosidad-sae/>
- Puente (2017). Análisis tribológico en un motor de gasolina con dos marcas de lubricantes y la misma especificación. INNOVA Research Journal, 2(3), 150-166.
<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n3.2017.191>
- Reyes (2019). ¿Qué es un motor diésel? <https://aprende.com/blog/oficios/mecanica-automotriz/que-es-y-como-funciona-un-motor-diesel/>
- SA, Interlub. (2024). Índice de Viscosidad | Herramientas de lubricación | Interlub. Interlub.com. <https://interlub.com/herramientas-de-lubricacion/calculadora-de-indice-de-viscosidad/>
- Santiago (s.f.). Aceites Semisintéticos VS Aceites Minerales.
https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/home/learning/from-chevron/personal-rec-vehicules-and-equipment/aceites-semisinteticos-vs-aceites-minerales.html
- Skoda Octavia Tour 1.9 TDI (2008-2010). (2024). Km77.com; Km77.com.
<https://www.km77.com/coches/skoda/octavia/2000/estandar/tour/octavia-tour-19-tdi2/datos>
- Skoda. (11 de noviembre de 2019). Skoda Storyboard. <https://www.skoda-storyboard.com/en/press-kits/skoda-octavia-press-kit/history-60-years-of-the-skoda-octavia/>

Tagle (2024). Lubricantes. Slideplayer.es. https://slideplayer.es/slide/144691/#google_vignette

Tejedor, A. S. (2024). Lubricantes. <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>

TotalEnergies. (28 de junio de 2016). TotalEnergies España.

<https://blog.totalenergies.es/combustible-diluye-el->

[aceite/#:~:text=Revisi%C3%B3n%20del%20sistema%20de%20inyecci%C3%B3n,de](https://blog.totalenergies.es/combustible-diluye-el-aceite/#:~:text=Revisi%C3%B3n%20del%20sistema%20de%20inyecci%C3%B3n,de)

[%20algunos%20puntos%20del%20motor](https://blog.totalenergies.es/combustible-diluye-el-aceite/#:~:text=Revisi%C3%B3n%20del%20sistema%20de%20inyecci%C3%B3n,de%20algunos%20puntos%20del%20motor)

TotalEnergies. (2021). TotalEnergies Colombia. <https://totalenergies.co/blog/aditivos/que-son-los-aditivos-de-aceite>

Venezuela (2021). Capítulo 4 - Parte 1: VISCOSIDAD, la propiedad MÁS IMPORTANTE de un aceite. In YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=qHulP_RdE_0

Villafuerte (noviembre de 2020). Lacbal. Escuela Politécnica Nacional: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceite_lubricante.pdf

Widman (2012). Selección del Aceite Correcto para su Auto. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.widman.biz/uploads/aceites.pdf>

Anexos

Anexo A

Datos del Diagnóstico del Vehículo 1

Nombre	Valor	Unidad
12-3 Voltaje,Alimentación	13.91	V
12-4 Temperatura,Líqu. Refrig.	93.6	°C
13-1 CantidadInyección,Cilindro 1	0.8	mg/str
13-2 CantidadInyección,Cilindro 2	0.14	mg/str
13-3 CantidadInyección,Cilindro 3	-0.89	mg/str
13-4 CantidadInyección,Cilindro 4	-0.07	mg/str
15-1 Régimen motor	882	1/min.
15-2,CantidadInyección,(Valor actual)	2.59	mg/str

Anexo B

Datos del Diagnóstico del Vehículo 2

Nombre	Valor	Unidad
6-3 Control,de Crucero	[000000]	
6-4 Control,de Crucero	255	
7-1 Temperatura,Combustible	53.1	°C
7-2 No disponible	n/a	
7-3 Temperatura-Co,lector Admisión	49.5	°C
7-4 Temperatura,Líqu. Refrig.	97.2	°C
8-1 RPM Motor	882	1/min.
8-2 CantidadInyección,(Deseo Conductor)	0	mg/str
8-3 Limitación por,RPM	28.29	mg/str

