



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

Autor: Edison Javier Tumbaco Merchán

Tutor: Ing. Edgar Vera Puebla, Msc.

**Análisis Comparativo de Desempeño y Degradación en
Líquidos de Frenos Aplicado a Vehículos Modernos**

Certificación de Autoría

Yo, Edison Javier Tumbaco Merchán, con C.I.: 0922295373, 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.

Edison Javier Tumbaco Merchán

C.I.: 0922295373

Aprobación del Tutor

Yo, Edgar Vera Puebla certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido

Ing. Edgar Vera Puebla, Msc

Director del Proyecto

Dedicatoria

Al amor más incondicional que Dios me pudo haber dado mi madre Clara Magdalena Merchán Beltrán ya que a la insistencia y apoyo de ella sin desmedida no hubiese llegado hasta donde estoy. Tu bendición a diario a lo largo de la vida me protege y me lleva por el camino del bien por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu presencia y amor.

TE AMO.

Edison Javier Tumbaco Merchán

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido culminar uno de los proyectos más anhelados que me he planteado en los últimos años de mi vida.

Este proyecto culminado con mucho esfuerzo y con mucho amor a mis abuelitos que siempre los llevo en mis pensamientos, a mi esposa Nathaly Ávila y a mi hija Scarleth Tumbaco y mis hermanos (Kevin y Mateo) que han sido una pieza fundamental en esta travesía que con altos y bajos al final se logró el objetivo.

A mis compañeros que de una u otra manera me apoyaron, al Ing. Edgar Vera que con sus enseñanzas y conocimientos iban guiando cada paso que daba para acercarme a esta meta.

Edison Javier Tumbaco Merchán

Índice General

Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice General	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Ecuaciones	xiii
Índice de Tablas	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
Capítulo I	1
Problema de la Investigación	1
1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema	1
1.2.1. Planteamiento del Problema	1
1.2.2. Formulación del Problema	2
1.3. Sistematización del Problema	3
1.4. Objetivos de la Investigación	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Justificación y Delimitación de la Investigación	4
1.6. Justificación de la Investigación	5
1.6.1. Justificación Metodológica	6
1.6.2. Justificación Práctica	7

1.6.3. Delimitación Temporal	8
1.6.4. Delimitación Geográfica	8
1.6.5. Delimitación del Contenido	8
1.7. Alcance.....	9
Capítulo II	11
2. Revisión Literaria.....	11
2.1. Antecedentes Históricos de los Líquidos de Frenos	11
2.2. Composición Química del Líquido de Frenos	12
2.3. Tipos y Especificaciones de Líquidos de Frenos	13
2.4. Importancia de los Sistemas de Frenado en Vehículos Modernos.....	18
2.5. Impacto de los Líquidos de Frenos en la Seguridad Vial.....	22
2.6. Fallos Comunes que Presenta un Líquido de Frenos en su Vida de Operación.....	23
2.7. Elección de Líquido de Frenos Adecuado para Vehículos Modernos	25
2.8. Tecnología Aplicada en Líquidos de Frenos en el Ecuador.....	27
2.9. Estado Actual de la Investigación en Líquido de Frenos	29
2.9.1. Desarrollo de Nuevos Compuestos	30
2.9.2. Compatibilidad con Tecnología Emergente	31
2.9.3. Análisis de Degradación a Largo Plazo	32
2.9.4. Impacto Ambiental y Sostenibilidad.....	33
2.9.5. Pruebas de Desempeño en Condiciones Reales de Funcionamiento	33
2.9.6. Educación y Concienciación	34
2.10. El Sistema de Frenos del tipo Hidráulico.....	34
2.11. Conceptualización del Sistema de Frenos del Tipo Hidráulico	35

2.11.1. Ley de Pascal Aplicada al Sistema de Frenos	35
Capítulo III	39
3. Método de Comprobación del Estado del Líquidos de Frenos en Vehículos Modernos ..	39
3.1. Diseño de la Investigación	39
3.1.1. Tipo de Investigación	39
3.2. Selección de Muestras y Vehículos	39
3.3. Selección de Dispositivo de Medición	41
3.4. Modo de Funcionamiento del Probador de Líquidos de Frenos	43
3.4.1. Diseño del Producto	43
3.4.2. Tecnología de Medición	43
3.4.3. Procedimiento de Prueba	43
3.4.4. Resultado de la Prueba e Interpretación de Resultados	44
3.5. Medición del Punto de Ebullición	45
3.6. Análisis de la Viscosidad	46
3.7. Evaluación de la Absorción de Agua	47
3.8. Factor Higroscópico del Líquido de Frenos	48
3.9. Probador de Estado de Líquido de Frenos	49
3.9.1. Descripción del Probador del Estado de Líquido de Frenos	49
3.9.2. Características del Probador de Líquido de Frenos	49
3.9.3. Instrucciones de Uso del Comprobador de Líquido de Frenos	51
3.10. Pruebas Realizadas en Campo	54
Capítulo IV	59
4. Análisis de Resultados	59

4.1. Análisis Estadístico de los Datos Obtenidos	59
4.1.1. Análisis de la Absorción de Agua por medio del Líquido de Frenos	60
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	65
Bibliografía	

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Líquido de Frenos DOT 3</i>	15
Figura 2 <i>Líquido de Frenos DOT 4</i>	16
Figura 3 <i>Líquido de Frenos DOT 5.1</i>	17
Figura 4 <i>Modelo del Principio del Sistema de Freno Hidráulico</i>	19
Figura 5 <i>Sistema de Freno ABS en Vehículos Modernos</i>	21
Figura 6 <i>Líquido de Frenos Sucio</i>	23
Figura 7 <i>Corrosión en Elementos Mecánicos por Parte del Líquido de Frenos</i>	24
Figura 8 <i>Nivel de Líquido de Frenos en Reservorio</i>	25
Figura 9 <i>Enlaces Químicos de Líquido de Frenos</i>	30
Figura 10 <i>Líquido de Frenos para ser Aplicado en Vehículos Eléctricos e Híbridos</i>	31
Figura 11 <i>Líquido de Frenos Bajo Proceso de Degradación</i>	32
Figura 12 <i>Esquema del Sistema de Frenos Hidráulico</i>	34
Figura 13 <i>Esquema del Principio de la Ley de Pascal</i>	37
Figura 14 <i>Vehículos Modernos en el Ecuador</i>	40
Figura 15 <i>Muestras de Líquido de Frenos en el Ecuador</i>	41
Figura 16 <i>Probador de Líquido de Frenos</i>	42
Figura 17 <i>Diseño del Probador de Líquido de Frenos</i>	43
Figura 18 <i>Diseño del Probador de Líquido de Frenos</i>	44
Figura 19 <i>Obtención de Resultados del Probador de Líquido de Frenos</i>	45
Figura 20 <i>Energización del Probador de Líquido de Frenos</i>	50
Figura 21 <i>Ubicación del Reservorio de Líquido de Frenos</i>	51
Figura 22 <i>Colocación del Probador de Líquido de Frenos</i>	52

Figura 23 <i>Encendido del Probador de Líquido de Frenos</i>	52
Figura 24 <i>Colocación del Probador de Líquido de Frenos en el Líquido de Frenos</i>	53
Figura 25 <i>Obtención de Resultados del Líquido de Frenos</i>	53
Figura 26 <i>Vehículos Modernos para la Toma de Datos</i>	55
Figura 27 <i>Registro de Kilometraje de Muestra de Vehículos Modernos</i>	55
Figura 28 <i>Obtención de Resultados del Líquido de Frenos a Partir de los 40000 km</i>	61

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Ley de Pascal	37
--------------------------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1 Especificaciones de Líquidos de Frenos según Normas	26
Tabla 2 Interpretación de Luces LED del Probador de Líquido de Frenos	54
Tabla 3 Resultados Obtenidos del Estado del Líquido de Frenos según el Kilometraje	57

Resumen

Este proyecto de investigación tiene como objetivo fundamental realizar un análisis comparativo exhaustivo del desempeño y la degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos. El contexto se centra en la importancia crítica de los sistemas de frenado para la seguridad vial, y cómo la elección y el mantenimiento adecuados de los líquidos de frenos son esenciales en este aspecto. El estudio abordará los líquidos de frenos más comunes, como DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1, y se enfocará en vehículos de pasajeros fabricados en los últimos cinco años. La metodología comprenderá pruebas de laboratorio para medir propiedades físicas y químicas, pruebas de frenado en condiciones controladas y un seguimiento a largo plazo de vehículos reales para evaluar la degradación con el tiempo. La revisión de la literatura explorará antecedentes históricos, composición química, propiedades físicas y el impacto en la seguridad vial. Entre los métodos estadísticos se incluirá el análisis de datos para establecer relaciones significativas entre el tipo de líquido de frenos, su degradación y el rendimiento del sistema de frenado. Las recomendaciones resultantes del estudio se enfocarán en un mantenimiento preventivo regular del sistema de frenos, la programación de la sustitución del líquido de frenos cada 40000 km y la elección de líquidos de frenos de alta calidad. Este proyecto busca proporcionar información valiosa y concreta para conductores, mecánicos y fabricantes, mejorando la seguridad, eficiencia y costos asociados con los sistemas de frenado en vehículos modernos. Al destacar la importancia de sustituir el líquido de frenos cada 40000 km, se pretende establecer prácticas de mantenimiento proactivas que mitiguen los riesgos asociados con la degradación del líquido de frenos y, en última instancia, contribuir a la seguridad vial y al rendimiento óptimo de los vehículos modernos.

Palabras Clave: Líquido de frenos, sistemas automotrices, frenos, vehículos.

Abstract

The fundamental objective of this research project is to carry out an exhaustive comparative analysis of the performance and degradation of brake fluids applied to modern vehicles. The context focuses on the critical importance of braking systems for road safety, and how the proper choice and maintenance of brake fluids is essential in this regard. The study will address the most common brake fluids, such as DOT 3, DOT 4 and DOT 5.1, and will focus on passenger vehicles manufactured within the last five years. The methodology will involve laboratory tests to measure physical and chemical properties, braking tests under controlled conditions and long-term monitoring of real vehicles to assess degradation over time. The literature review will explore historical background, chemical composition, physical properties and the impact on road safety. Statistical methods will include data analysis to establish significant relationships between the type of brake fluid, its degradation and the performance of the braking system. The recommendations resulting from the study will focus on regular preventive maintenance of the brake system, scheduling brake fluid replacement every 40000 km and choosing high-quality brake fluids. This project seeks to provide valuable and concrete information for drivers, mechanics and manufacturers, improving the safety, efficiency and costs associated with braking systems in modern vehicles. By highlighting the importance of replacing brake fluid every 40,000 km, we aim to establish proactive maintenance practices that mitigate the risks associated with brake fluid degradation and ultimately contribute to road safety and optimal brake performance modern vehicles.

Keywords: Brake fluid, automotive systems, brakes, vehicles.

Capítulo I

Problema de la Investigación

1.1. Tema de Investigación

Análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos.

1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

El planteamiento, formulación y sistematización del problema es una parte fundamental de la presente investigación, ya que ayuda a definir claramente cuál es el problema que se va a abordar y por qué es importante. A continuación, se plantea el problema relacionado con el tema del análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos.

1.2.1. Planteamiento del Problema

Los sistemas de frenado implementados en vehículos modernos desempeñan un papel crítico en la seguridad tanto en conductores como en pasajeros. El líquido de frenos es un componente esencial de estos sistemas, teniendo en cuenta su calidad y desempeño pueden afectar directamente a la capacidad de frenado y la seguridad al momento que el vehículo se desplaza por carretera. En la actualidad, existen diferentes tipos de líquidos de frenos, como DOT 3, DOT 4, DOT 5 y DOT 5.1, teniendo en cuenta que sus siglas DOT significan Departamento de Transporte, cada uno cuenta con características únicas en cuanto a su punto de ebullición, composición química y resistencia a la degradación.

El problema fundamental radica en la falta de información exhaustiva y actualizada sobre cómo este tipo de líquidos de frenos se desempeñan dentro del sistema de frenado y degradan en condiciones reales de uso en vehículos modernos. A medida que los fabricantes de vehículos incorporan tecnologías avanzadas e innovadoras, así como sistemas de frenado

más sofisticados, es esencial comprender cómo los distintos líquidos de frenos afectan a la seguridad y al rendimiento de estos vehículos.

Además, se ha podido observar una variedad de prácticas de mantenimiento erróneo por falta de información técnica y sustitución de líquidos de frenos de diferente clasificación en los vehículos modernos, lo que plantea la pregunta sobre si se están siguiendo las recomendaciones del fabricante y si existe una necesidad real de adaptar las estrategias de mantenimiento de acuerdo con las características específicas de los líquidos de frenos utilizados.

En resumen, el problema se centra en la falta de información actualizada sobre el desempeño y la degradación de líquidos de frenos en vehículos modernos, lo que puede afectar la seguridad y el rendimiento en carretera. La investigación propuesta busca llenar este vacío y proporcionar datos significativos para mejorar la seguridad y el mantenimiento de los sistemas de frenado en vehículos modernos.

1.2.2. Formulación del Problema

La formulación del problema en el presente proyecto investigativo es de suma importancia ya que es una etapa importante en el estudio para poder definir de manera precisa y concisa el problema que se va a abordar. A continuación, se presenta una formulación del problema relacionada con el análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos:

En el contexto de los sistemas de frenado de vehículos modernos, se plantea el siguiente problema:

¿Cuál es el impacto del tipo de líquido de frenos en el desempeño y la degradación de los sistemas de frenado de vehículos modernos y cómo estas variables afectan la seguridad y eficiencia en la conducción?

Este problema se desglosa en las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son las diferencias clave en las propiedades y composición entre los líquidos de frenos utilizados en sistemas de frenos de los vehículos modernos cómo influyen en su desempeño?
- ¿Cómo varía el punto de ebullición de estos líquidos de frenos en condiciones reales de uso y cuál es su impacto en la capacidad de frenado y seguridad?
- ¿Cómo se degradan con el tiempo los líquidos de frenos en vehículos modernos y cuál es la relación entre la degradación y el mantenimiento adecuado de los sistemas de frenado?
- ¿Cuáles son las mejores prácticas recomendadas para el mantenimiento y sustitución de líquidos de frenos en vehículos modernos en función de su tipo y condiciones de uso?
- ¿Qué costos y beneficios se asocian con el uso de líquidos de frenos de diferentes especificaciones en vehículos modernos, considerando los aspectos de seguridad, rendimiento y mantenimiento?

En última instancia, el presente estudio tiene como objetivo fundamental proporcionar datos y conclusiones que permitan a conductores, mecánicos y fabricantes de vehículos tomar decisiones informadas sobre la elección y el mantenimiento de líquidos de frenos en vehículos modernos, contribuyendo así a mejorar la seguridad y eficiencia en la conducción

1.3. Sistematización del Problema

- ¿Cuál es el impacto real de la elección del tipo de líquido de frenos en la seguridad y capacidad de frenado de los vehículos modernos?
- ¿Cómo se deterioran y degradan estos líquidos de frenos con el tiempo y su exposición al uso y cuáles son las consecuencias de esta degradación en el rendimiento del sistema de frenado?

- ¿Existe una correlación entre el punto de ebullición de los líquidos de frenos y la seguridad de frenado en situaciones de alto estrés, como frenadas bruscas o descensos prolongados?
- ¿Cuáles son las mejores estrategias de mantenimiento y sustitución de líquidos de frenos para vehículos modernos, considerando su tipo y condiciones de operación, con el objetivo de maximizar la seguridad y eficiencia en la conducción?
- ¿Cuál es el costo total, incluyendo mantenimiento y reparaciones, asociado con la elección de diferentes tipos de líquidos de frenos para vehículos modernos, y cómo se compara con los beneficios en términos de seguridad y rendimiento?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

- Determinar el índice de efecto del desempeño y degradación en líquidos de freno utilizados para vehículos modernos según normas FMVSS 116.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Investigar en fuentes técnicas las características y propiedades de los líquidos de freno utilizados en vehículos modernos.
- Estudiar la influencia de la absorción de agua en la degradación de los líquidos de freno y su efecto en la eficiencia de frenado.
- Comparar el efecto de degradación de los líquidos de freno bajo condiciones de uso real en vehículos modernos.

1.5. Justificación y Delimitación de la Investigación

La justificación de la presente investigación es la explicación fundamentada de por qué el estudio es relevante, necesario y beneficioso. En el contexto del análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos, esta investigación se justifica por varias razones cruciales. En primer lugar, los sistemas de frenado

son fundamentales para la seguridad vial y el tipo de líquido de frenos puede tener un impacto directo en la capacidad de detención del vehículo cuando se encuentra en movimiento, lo que afecta tanto a la seguridad de los conductores y pasajeros.

Además, actualmente, los vehículos incorporan tecnologías avanzadas de frenado y requieren un enfoque más preciso en la elección y el mantenimiento de los líquidos de frenos. La falta de información técnica actualizada y específica en este campo puede dar lugar a decisiones potencialmente peligrosas.

En cambio, que el aspecto de delimitación de la investigación se refiere a establecer los límites claros y específicos del estudio, incluyendo el alcance geográfico, el período de tiempo y los tipos de vehículos y líquidos de frenos considerados. Esta delimitación es esencial para mantener el estudio enfocado y manejable. Por ejemplo, la investigación podría limitarse a vehículos de pasajeros fabricados en los últimos cinco años en una región geográfica específica y evaluar los líquidos de frenos DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1. Estos límites ayudarán a obtener resultados concretos y aplicables sin abrumar la investigación con una amplitud excesiva.

1.6. Justificación de la Investigación

La justificación del presente estudio referente al análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos radica en su importancia crítica para la seguridad, la eficiencia en la conducción y la toma de decisiones informadas por parte de conductores, mecánicos y fabricantes de automóviles.

En primer lugar, los distintos sistemas de frenado son un elemento esencial en cualquier vehículo actual y la elección adecuada del líquido de frenos puede tener un impacto significativo en la capacidad de detener el vehículo de manera segura, así como de generar una reducción de su aceleración según lo requerido. El uso de un líquido de frenos inadecuado

o su degradación puede resultar en una menor eficacia de frenado, aumentando el riesgo de accidentes y lesiones.

Además, con el constante avance de la tecnología en la industria automotriz, los vehículos actuales están dotados con sistemas de frenado cada vez más sofisticados. Esto hace que sea crucial comprender cómo diferentes tipos de líquidos de frenos interactúan con estos sistemas y cómo afectan su rendimiento.

La investigación también se justifica debido a la falta de información técnica actualizada y específica en este campo de la automoción. Los conductores y los profesionales de la industria necesitan datos precisos para tomar decisiones informadas sobre la elección y el mantenimiento de los líquidos de frenos. El presente estudio investigativo busca llenar ese vacío proporcionando evidencia empírica sobre el desempeño y la degradación de estos líquidos en condiciones reales de uso en vehículos modernos.

En resumen, esta investigación es crucial para mejorar la eficiencia y la durabilidad de los sistemas de frenado en vehículos modernos, contribuyendo así a la protección de vidas y la optimización de recursos en la industria automotriz.

1.6.1. Justificación Metodológica

La justificación metodológica en una investigación se refiere a la explicación de las razones detrás de la elección de los métodos y enfoques utilizados para llevar a cabo el estudio. En el contexto del análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos, la elección metodológica se basa en criterios sólidos para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados.

Primero, la selección de pruebas de laboratorio controladas para medir el punto de ebullición inicial de los líquidos de frenos comercializados en el mercado nacional se justifica debido a su capacidad para proporcionar datos precisos y comparables. Esto asegura que los resultados sean confiables y reproducibles.

Segundo, la realización de pruebas de frenado en vehículos modernos bajo condiciones controladas y simuladas se justifica por la necesidad de evaluar el desempeño de los líquidos de frenos en situaciones críticas de seguridad de manera segura y controlada. Esto permite obtener datos cuantitativos sobre la eficacia del frenado y su relación con la elección del líquido de frenos.

Finalmente, la recolección de datos a lo largo del tiempo en condiciones de uso real de vehículos modernos se justifica para evaluar la degradación de los líquidos de frenos de manera representativa y realista. Esto proporciona información valiosa sobre la vida útil y el mantenimiento requerido.

En conjunto, la metodología elegida se sustenta en la necesidad de obtener resultados precisos, relevantes y aplicables que contribuyan a mejorar la seguridad y el rendimiento de los sistemas de frenado en vehículos modernos.

1.6.2. Justificación Práctica

La justificación práctica del presente estudio investigativo se fundamenta en la importancia crítica de garantizar la seguridad y el rendimiento óptimo de los sistemas de frenado en vehículos modernos. Los líquidos de frenos desempeñan un papel esencial en este contexto y su elección, así como su mantenimiento correcto son fundamentales para prevenir accidentes viales y garantizar un viaje seguro.

En la práctica, esta investigación beneficiará a conductores, mecánicos y fabricantes de vehículos al proporcionar información concreta y actualizada sobre cuál es el líquido de frenos más adecuado para diferentes tipos de vehículos modernos y condiciones de uso. Además, al comprender la degradación de estos líquidos con el tiempo y su relación con la seguridad, se podrán establecer intervalos de mantenimiento más precisos, lo que podría reducir indudablemente costos de mantenimiento innecesarios.

En última instancia, el presente estudio investigativo tiene un impacto directo en la seguridad en carretera y la eficiencia en la conducción de los vehículos modernos. Al tomar decisiones informadas basadas en los resultados de este estudio, se pueden prevenir accidentes, mejorar la seguridad y optimizar el rendimiento de los sistemas de frenado, lo que tiene implicaciones prácticas significativas para todos los involucrados en el mundo de la automoción, así como de la transportación.

1.6.3. Delimitación Temporal

De acuerdo con el cronograma de planificación generado para el presente trabajo investigativo tiene una proyección de tiempo que se da inicio el 3 de octubre de 2023 y finalizaría el 3 de mayo de 2024, tiempo en el cual se lleva a cabo cada una de las fases en las que de manera cronológica se cumplirán con los objetivos planteados hasta llegar a su culminación.

1.6.4. Delimitación Geográfica

El presente estudio se lleva a cabo en las instalaciones de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, tanto en la parte teórica, así como práctica con la utilización de los laboratorios con que cuenta la institución.

1.6.5. Delimitación del Contenido

La delimitación del contenido en un estudio investigativo implica definir con precisión los límites y alcances del tema que se abordará en la investigación. En el caso del análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos, es importante establecer una delimitación clara para enfocar la investigación de manera efectiva. Aquí se presenta una delimitación del contenido:

Tipo de vehículos: La investigación se centrará en vehículos de pasajeros modernos, excluyendo vehículos comerciales, de carga pesada, especializados, maquinaria pesada o agrícola.

Año de fabricación: Se considerarán vehículos fabricados en los últimos cinco años, con el fin de abordar las tecnologías, sistemas de frenado más actuales y se adecuen a las condiciones del presente estudio.

Tipos de líquidos de frenos: El estudio se centrará en los líquidos de frenos comunes utilizados en vehículos de pasajeros, como DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1, excluyendo otros tipos menos comunes.

Geografía: La investigación se llevará a cabo en una región geográfica de la costa ecuatoriana específica, con condiciones climáticas y de tráfico relevantes para esa área, lo que podría influir en el desempeño y la degradación de los líquidos de frenos.

Enfoque principal: El enfoque principal de la investigación será evaluar la seguridad, eficiencia y el mantenimiento de los líquidos de frenos en los vehículos modernos, priorizando la seguridad vial.

Estas delimitaciones ayudarán a mantener el estudio enfocado y a obtener resultados más específicos y aplicables dentro de un ámbito determinado, evitando la dispersión en aspectos no relevantes para la investigación.

1.7. Alcance

El alcance de esta investigación abarca un estudio exhaustivo y detallado sobre el análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos. Se enfoca en vehículos de pasajeros fabricados en los últimos cinco años, considerando el tipo de líquidos de frenos más comunes, como DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1, y se llevará a cabo en una región geográfica específica con condiciones climáticas y de tráfico relevantes para esa área.

La investigación se centrará en aspectos clave relacionados con la seguridad y eficiencia en la conducción, evaluando el punto de ebullición de los líquidos de frenos, su degradación a lo largo del tiempo, la influencia en la distancia de frenado en situaciones críticas y las mejores prácticas de mantenimiento recomendadas. Además, se analizará el mantenimiento de estos líquidos de frenos.

El alcance de la investigación busca proporcionar recomendaciones prácticas y fundamentadas que beneficien a conductores, mecánicos y fabricantes de vehículos modernos, contribuyendo así a mejorar la seguridad vial y la eficiencia en la conducción.

Capítulo II

Revisión Literaria

2.1. Antecedentes Históricos de los Líquidos de Frenos

Al tratar un tema muy importante como lo es la historia de los líquidos de frenos en el campo de la industria automotriz se posee muy poca información, pero entre ellas (Alcazaba motor, 2021) indica que “En 1917, Malcolm Loughhead, inventó un nuevo tipo de frenos que funcionaban de manera hidráulica. Un par de años más tarde los mejoró e introdujo el primer sistema de frenos hidráulicos modernos”, cabe aclarar que como en todo proceso de creación y evolución al inicio no fueron fiables en su totalidad, por el motivo que se presentaron inconvenientes en los procesos de fabricación, por lo que la industria automotriz los incorporó de manera paulatina.

Con el transcurrir del tiempo y el avance innovador, así como la mejora continua con respecto a materiales y de cada uno de los procesos de fabricación, los sistemas de frenos de disco se fueron convirtiendo en el tipo de frenos con mayor fiabilidad y efectividad en la industria automotriz de los vehículos livianos y semi livianos. Bajo esta consecuencia es que en la actualidad la gran mayoría de los vehículos que circulan por carreteras poseen un sistema de frenos del tipo de disco a las cuatro ruedas los cuales son accionados a través de un sistema hidráulico.

Paro se debe aclarar que se tiene dos tipos de tipos de freno como lo son: disco, tambor o mixtos, por lo general se suele en ruedas delanteras se colocan los del tipo de disco los cuales han demostrado ser más fiables y de mucha efectividad y para la parte posterior los de tambor por el motivo que soporta mucha más carga y debe responder a la tracción a la que se encuentran sometidos este tipo de vehículos. Pero en vehículos modernos en la actualidad se aplican el tipo de disco de frenos en las cuatro ruedas los cuales son accionados por medio de un sistema hidráulico.

2.2. Composición Química del Líquido de Frenos

Al ser parte de un sistema hidráulico el líquido de freno cumple la función de ser un fluido el cual es el encargado de transmitir a través de un circuito la presión desde la bomba del sistema hasta los bombines de las ruedas. Según (Basco, 2020) dice que “Un líquido de frenos está compuesto por glicol o éter-glicol, mezclado con sustancias protectoras antioxidantes, con una gran capacidad además para absorber la posible humedad que pueda haber en el circuito”.

Según (Total Energies, 2016) dice que “Actualmente existen tres tipos de fluidos de frenos: los más habituales son los basados en glicol-éter (DOT 3, DOT 4, DOT 5.1, el 95% del mercado mundial), los de base mineral (LHM) y los siliconados (DOT 5, de uso militar)”

Teniendo en cuenta que los líquidos de frenos con base sintética de éteres de glicol, los de base de silicona y los de base mineral estos nunca se pueden llegar a mezclar entre sí. Por su propia naturaleza de este tipo de fluidos permiten que sean compatibles con unos elastómeros u otros: en el caso de los de base mineral estos no son compatibles con algunos compuestos sintéticos y viceversa al igual que con los de base de siliconas.

De tal manera los sintéticos a base de glicol no pueden ser empleados en circuitos donde se utilicen fluidos de base mineral, por el motivo que son incompatibles y esto hace que se degraden los elastómeros y los cauchos dentro del sistema.

En lo que corresponde a la composición de los líquidos de frenos con base sintética que son utilizados en el campo de la industria automotriz se fundamenta que estos cuentan con tres componentes principales los cuales son:

- Solventes
- Base lubricante
- Aditivos

La función que cumplen los solventes es de disolver los aditivos y los poliglicoles, de tal manera que se llega a obtener una sola fase de forma líquida la cual se comporta con características de manera líquida bajo todas las condiciones de temperatura. Así mismo disminuye la viscosidad de los poliglicoles entre un 60 % al 90 % del fluido, bajo condiciones normales de funcionamiento.

En el caso de las bases lubricantes están los poliglicoles los cuales cumplen la función de lubricar a través de una composición del 30 % aproximadamente. Esto se puede llegar a cumplir al hacer reaccionar el óxido de alquileo con componentes bifuncionales como lo son por ejemplo los dioles o el agua.

Finalmente, en lo concerniente a los aditivos estos no son más que inhibidores de corrosión los mismos que son añadidos con la función de proteger los metales de los agentes corrosivos, mientras que los antioxidantes cumplen la función principal de reducir la descomposición oxidativa de los agentes éteres de glicol y de los poliglicoles. Así mismo muchas veces se emplean compuestos colorantes con el fin de distinguir cada uno de los productos entre ellos o dentro de la misma gama de líquidos.

Pero cabe enfatizar que el color que tengan los líquidos de frenos de ninguna manera aporta información referente a la calidad de estos productos, lo que si se debe tener en cuenta al tratarse de colores es la tonalidad una vez que se encuentre en operación un líquido de frenos por el motivo que este indicador determina su degradación.

2.3. Tipos y Especificaciones de Líquidos de Frenos

Para el presente estudio primero se deben considerar algunas nociones que toman en cuenta que este tipo de fluido utilizado en los sistemas de freno son líquidos complejos, los cuales actualmente son obtenidos por síntesis y basadas en la norma de la Sociedad Americana de Ingenieros del Automóvil con sus siglas SAE y de las normas de los

constructores europeos de vehículos las mismas que son de mayores exigencias que las normas americanas.

Entre las principales exigencias que deben cumplirse de manera estricta por parte de los líquidos de frenos están:

Temperatura de funcionamiento: Para cumplir con este requerimiento el líquido de frenos debe poseer de manera estricta una temperatura de ebullición elevada que según (Molero, 2013) indica que “para vehículos modernos esta debe estar en un rango de 230 °C a 240 °C” , por el motivo que podría llegar a generarse el fenómeno de aparición de vapor el cual se puede comprimir generando un fenómeno denominado vapor-lock en lugar de líquido que en el caso del frenado este alarga la carrera del pedal, esto quiere decir que al final se pierde el frenado.

Humedad: los líquidos de frenos poseen una característica que es la de absorber la humedad del aire que se encuentra en la atmósfera, pero en el caso de que el porcentaje de agua admitida por el líquido de frenos es del 3 % la temperatura de ebullición caerá de manera considerable y ese porcentaje de agua afecta directamente al funcionamiento de los cilindros y pistones del sistema.

Así mismo los líquidos de frenos utilizados en la industria automotriz son designados por las siglas DOT que es el Departamento de Transporte, el cual es una organización que está encargada de regular la calidad de los líquidos de frenos que se comercializan a nivel mundial y de uso automotriz.

De la misma manera DOT genera una clasificación de los líquidos de frenos para lo cual se tienen actualmente los siguientes:

- DOT 3, este tipo de líquido de frenos que según (De la O, 2017) indica que “posee un punto de ebullición seco de 230 °C, húmedo de 140 °C y una viscosidad de 1.5

cSt”. Un ejemplo de este tipo de líquido de frenos DOT 3, se puede apreciar en la figura 1.

Figura 1

Líquido de Frenos DOT 3



Fuente: (Talleres, 2022)

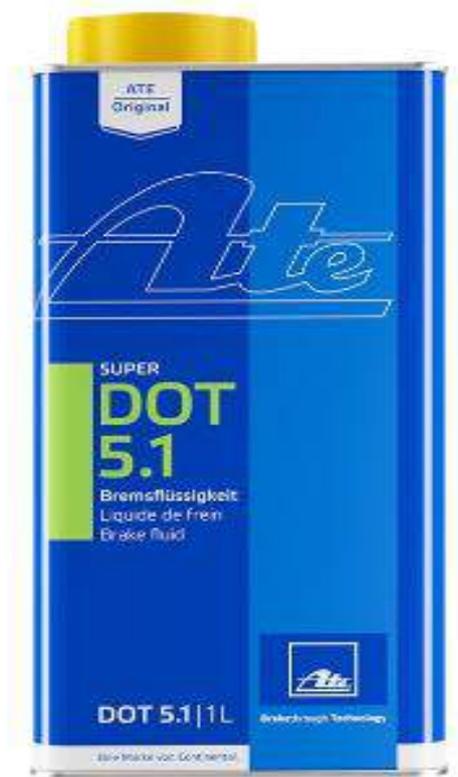
- DOT 4, este es un tipo d líquido de frenos que aplicado en vehículos que cuentan con un sistema de frenos convencionales o con ABS (Sistema antibloqueo de frenos), en el que según (De la O, 2017) indica que “su punto de ebullición seco es de 230 °C, húmedo de 155 °C y posee una viscosidad de 1.8 cSt”. Un ejemplo de este tipo de líquido de frenos DOT 4, se puede apreciar en la figura 2. Cabe aclarar que este tipo d líquido de frenos es una evolución del tipo de líquido DOT 3 y se debe tener en cuenta que dentro de sus características de mayor importancia es que este tipo de fluido soporta un trabajo a mayor temperatura durante su proceso de funcionamiento.

Figura 2

Líquido de Frenos DOT 4



- DOT 5.1, este tipo de líquido de frenos es utilizado en vehículos modernos equipados con sistema de frenos especiales, teniendo en cuenta que posee una base mineral, pero a diferencia de los DOT 3 y 4, este posee una mayor absorción de humedad y según (De la O, 2017) indica que “este es un líquido con un punto de ebullición seco de 260 °C, húmedo de 180 °C y tiene una viscosidad de 0.9 cSt”. Un ejemplo de este tipo de líquido de frenos DOT 5.1, se puede apreciar en la figura 3. Lo que se debe tener muy en cuenta es que el líquido de frenos DOT 5.1 posee un mayor punto de ebullición, por lo que este tipo de líquido de frenos posee un punto de ebullición mucho más alto que sus sucesores como lo es el DOT 3, o DOT 4, por lo que de esta manera suele brindarles una mejor respuesta a las condiciones de líquido de frenos y por ende mejora significativamente las condiciones de una condición de seguridad tanto para el vehículo como para el conductor.

Figura 3*Líquido de Frenos DOT 5.1*

En cuanto a las especificaciones técnicas de los líquidos de frenos y de manera conceptualizada se determinan algunas propiedades fundamentales para el desempeño de un sistema de frenado en vehículos modernos y entre estas están las siguientes:

- *Punto de ebullición en seco*: La temperatura a la cual el líquido de frenos hierve sin la presencia de agua. Es crucial para evitar la formación de burbujas de vapor en el sistema de frenos.
- *Punto de ebullición húmedo*: La temperatura a la cual el líquido de frenos hierve cuando ha absorbido cierta cantidad de agua. Este valor refleja la resistencia del líquido a la absorción de humedad.
- *Viscosidad*: La medida de la fluidez del líquido de frenos a diferentes temperaturas. Una viscosidad adecuada es esencial para garantizar una respuesta rápida y consistente del sistema de frenos.

- *Absorción de agua*: La capacidad del líquido de frenos para absorber agua con el tiempo. Una alta absorción de agua puede reducir el punto de ebullición del líquido y afectar negativamente el rendimiento.
- *Punto de inflamación*: La temperatura mínima a la cual el líquido de frenos puede encenderse en presencia de una fuente de ignición. Esto es importante para la seguridad.
- *Composición química*: La formulación específica del líquido de frenos, que puede variar entre tipos (glicol o silicona) y especificaciones (DOT 3, DOT 4, DOT 5.1).
- *Compatibilidad con sellos y componentes*: La capacidad del líquido de frenos para no dañar los sellos y componentes del sistema de frenado, como las juntas de goma.
- *Estabilidad térmica*: La capacidad del líquido de frenos para mantener sus propiedades a altas temperaturas sin degradación excesiva.
- *Resistencia a la oxidación*: La capacidad del líquido de frenos para resistir la formación de óxidos y la degradación química con el tiempo.
- *Inhibidores de corrosión*: La presencia de aditivos químicos que protegen los componentes metálicos del sistema de frenos contra la corrosión.

Con los conceptos presentados referente a las especificaciones técnicas de los líquidos de frenos para vehículos modernos son de suma importancia para poder entender como este tipo de fluidos se comportará dentro de un sistema de freno, así como su capacidad para que garantice la seguridad y rendimiento del vehículo.

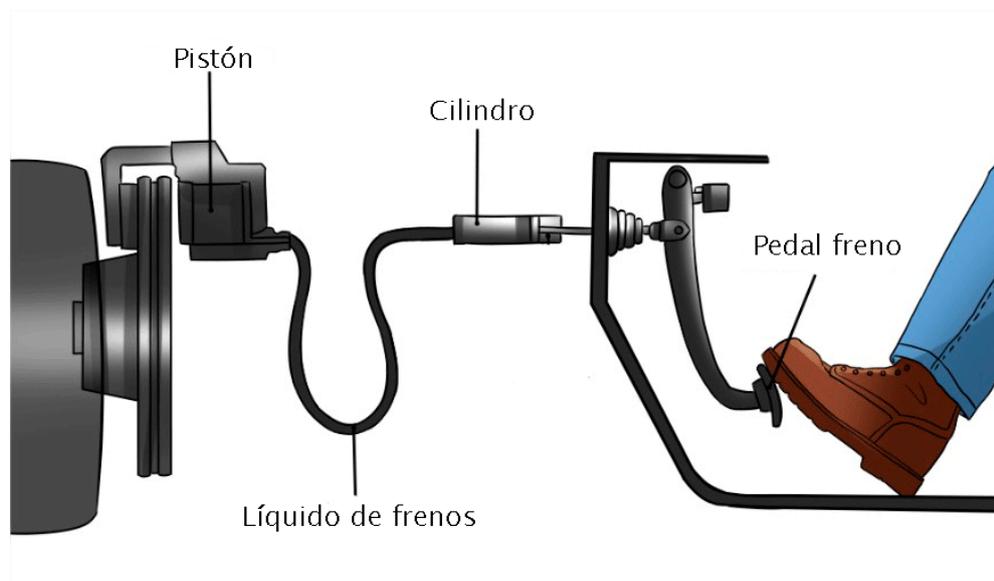
2.4. Importancia de los Sistemas de Frenado en Vehículos Modernos

Actualmente los vehículos cuentan con el funcionamiento de sistemas de frenos bajo principios hidráulicos y cuentan con frenos a cada una de sus ruedas, y dentro de su operación consiste en que, al momento de pisar el pedal del freno, se genere una presión en la bomba

que empuja al pistón internamente en el cilindro maestro y se genere la respuesta de parada en el circuito de frenos, como se puede apreciar en la figura 4.

Figura 4

Modelo del Principio del Sistema de Freno Hidráulico



Fuente: (GETAUTO, 2017)

Teniendo en cuenta que el sistema de frenos en un vehículo es en definitiva uno de los sistemas de mayor importancia por su nivel de funcionamiento, así como de seguridad. Este se encarga de disminuir la velocidad o de llegar a detener el vehículo por completo si es lo requerido.

Cualquiera de los sistemas de frenado que se han diseñado en el transcurso del tiempo se basan en el poder del rozamiento o fricción para cumplir con su función. Esto se puede generar entre zapatas y un tambor o entre pastillas y discos, lo que se provoca una generación de calor y desgaste de los elementos involucrados.

En un vehículo el sistema de frenado no solo debe tener la capacidad de frenar de forma eficiente, sino también debe poseer un correcto diseño que permita una correcta disipación del calor que genera el fenómeno de transformación de energía, ya que el momento de frenar, toda la energía cinética que contiene el vehículo se transforma en energía calorífica, por lo que esta generación de calor puede llegar a ser perjudicial para el sistema de frenado.

La evolución de los sistemas de frenos en el área automotriz y su innovación constante estos son cada vez más potentes y por ende los sistemas deben ser cada vez más rápidos y efectivos, por lo que deben ser capaces de frenar de manera correcta sin desfallecer y que permitan ciertas maniobras al momento de someter a un ejercicio de frenado.

Teniendo en cuenta que, al momento de activar el freno con el pedal del freno, esta acción actúa sobre cada una de las ruedas del vehículo.

Si se trata de relacionar de manera directa a lo que se conoce como seguridad activa del vehículo, desde el año 2003 la Unión Europea determinó la obligación de que todo vehículo que sea comercializado debe contar con subsistemas de seguridad en lo relacionado al sistema de frenos, que ayudan a la reducción del número de accidentes que ocurren en carreteras.

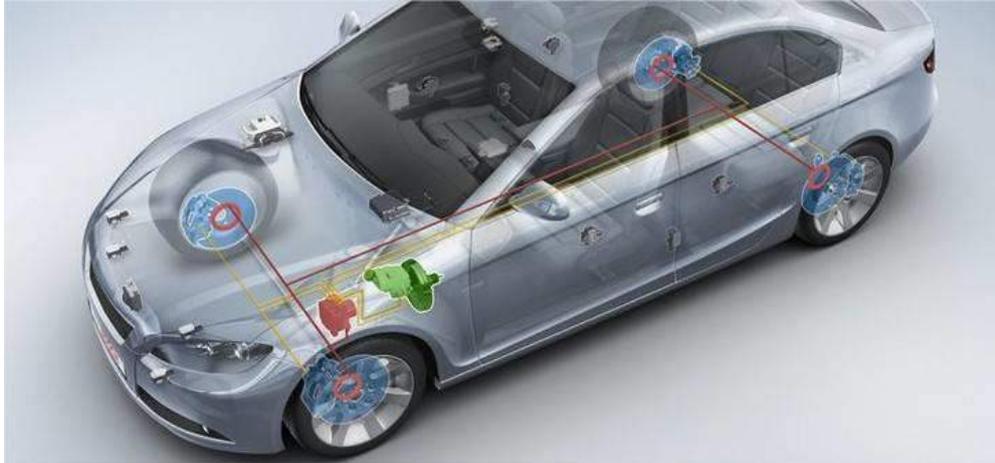
Este subsistema es el denominado ABS el mismo que fue desarrollado inicialmente por la aplicación en la aviación, para luego ser aplicado en la industria automotriz por parte de la empresa Bosch en los años de 1978.

Este sistema de frenado con antibloqueo denominado como ABS, actúa tal cual como su nombre lo indica por medio del evitar que los frenos lleguen a ser bloqueados el momento de que se genere una acción de frenado.

En la figura 5 se puede apreciar claramente un sistema de frenado con ABS y la distribución de sus componentes dentro de un vehículo. Básicamente los siete componentes que conforman el sistema ABS en un vehículo son los siguientes:

- Sensores de Velocidad
- Unidad de control electrónico
- Válvulas manipuladoras de presión
- Cilindro de diafragma
- Válvula de pedal de freno

- Tanque de aire comprimido
- Ruedas del vehículo

Figura 5*Sistema de Freno ABS en Vehículos Modernos*

Fuente: (GETAUTO, 2017)

El subsistema de frenado ABS tiene la función de detectar de forma inmediata cuando los frenos pueden bloquearse y el bloqueo de las ruedas del vehículo, para iniciar su acción de activación, por el motivo de que en caso de que no ocurra esta acción lo que ocurrirá es que el vehículo se deslizará por su trayectoria, pero con pérdida de dirección y control desde el volante por parte del conductor.

En definitiva, el subsistema de frenado ABS disminuye de manera automática la presión que se realiza por el sistema de freno para poder un impedimento en el bloqueo de las ruedas del vehículo y tratar de que en el menor tiempo posible se genere presión hacia cada rueda según parámetros preestablecidos y llegar a controlar la acción de frenado.

Cabe aclarar que esta acción se cumple en tiempos muy bajos como lo es en milésimas de segundo y esta acción hasta puede llegar a alcanzar una activación promedio de cien veces por cada segundo.

Por estos motivos es que el subsistema de frenado ABS es de suma importancia, tanto que llega a actuar con otros sistemas paralelos de seguridad del vehículo como lo es por ejemplo el control de estabilidad y el control de tracción del vehículo.

2.5. Impacto de los Líquidos de Frenos en la Seguridad Vial

Los sistemas de frenado en vehículos modernos desempeñan un papel de vital importancia en la seguridad, eficiencia y funcionamiento general de estos automóviles. La función del líquido de frenos al estar inmerso entre los elementos principales del sistema de frenos hidráulicos en los vehículos, su relevancia en conjunto con el sistema radica en varios aspectos cruciales:

- *Seguridad Vial:* Los sistemas de frenado son esenciales para prevenir accidentes y garantizar la seguridad de los ocupantes y de peatones u otros usuarios de carreteras. La capacidad de detener un vehículo de manera efectiva en situaciones de emergencia es fundamental para evitar colisiones.
- *Control y Estabilidad:* Los sistemas de frenado modernos no solo detienen el vehículo, sino que también contribuyen al control y la estabilidad durante la conducción. Los sistemas de frenado antibloqueo (ABS) y el control de estabilidad (ESC), ayudan en condiciones adversas a evitar derrapes y pérdida de control en condiciones adversas.
- *Eficiencia en el Consumo de Combustible:* Los sistemas de frenado regenerativo en vehículos híbridos y eléctricos recuperan energía durante el frenado, lo que mejora la eficiencia del combustible y la autonomía en el caso de vehículos eléctricos.
- *Tecnología Avanzada:* Los sistemas de frenado modernos incorporan tecnologías avanzadas, como sensores y algoritmos de control, para adaptarse a diversas situaciones de conducción y optimizar la capacidad de frenado.

- *Mejora en la Experiencia del Conductor:* Los sistemas de frenado suaves y precisos mejoran la experiencia del conductor, brindando mayor comodidad y confianza al volante.

En resumen, los sistemas de frenado en vehículos modernos no solo son esenciales para la seguridad vial, sino que también desempeñan un papel crucial en la eficiencia, el rendimiento y la experiencia del conductor. Su constante evolución y mejora son fundamentales para el avance de la industria automotriz y la protección de vidas en las carreteras.

2.6. Fallos Comunes que Presenta un Líquido de Frenos en su Vida de Operación

Al ser el líquido de frenos un fluido líquido que forma parte del sistema hidráulico de frenos aplicado en vehículos posee una función principal que es la de transferir energía dentro del sistema de frenos del vehículo, garantizando de esta manera que un vehículo disminuya su aceleración o se detenga al momento que se active el pedal de freno, con la consideración conceptual de que todo fluido líquido no es compresible.

Pero hay que tener presente que las características de los líquidos de frenos cuando se empieza a degradar o ensuciar, pueden llegar a causar daños importantes al sistema de frenos de un vehículo, esto se puede apreciar en la figura 6.

Figura 6

Líquido de Frenos Sucio



Fuente: (Blancarte, 2011)

La presencia o el aumento de burbujas de aire dentro del sistema es otro factor de deficiencia provocando a su vez manifestaciones de ruidos extraños, vibraciones considerables y corrosión en muchos de los elementos principales del sistema hasta llegar a un punto de fallo total del sistema de frenado del vehículo, lo que podría llegar a causar acciones perjudiciales a todos los actores involucrados en seguridad vial.

Otro impacto considerable que se puede llegar a causar por el propio líquido de frenos es que este fluido es altamente corrosivo por el motivo que entre sus características químicas está conformado por compuestos que provocan una corrosión sobre lacas, pinturas y barnices, además que actúa de manera extremadamente rápido y sin poder remediar el daño que causa en el área o superficie con la que estuvo en contacto, un claro ejemplo se puede apreciar en la figura 7.

Figura 7

Corrosión en Elementos Mecánicos por Parte del Líquido de Frenos



Fuente: (Blancarte, 2011)

Otra precaución que se debe tener muy en cuenta en lo referente al impacto de los líquidos de frenos con respecto a la seguridad vial es el estado del nivel de líquido de frenos con que cuenta el sistema de frenos del vehículo como se puede ver en la figura 8, ya que si

este se encuentra por debajo del nivel que indica el fabricante se pueden presentar las siguientes consecuencias:

- Riesgo de perder el freno
- Desgaste en forros y pastillas de freno
- Mayor consumo de combustible (para vehículos con freno motor)
- Mayor consumo de aceite (para vehículos con freno motor)
- Desgaste acelerado del embrague (para vehículos con freno motor)

Para un correcto desempeño de este fluido se debe tener en cuenta que su mantenimiento es de suma importancia, así como su recambio el mismo que se lo debe hacer según las indicaciones emitidas por el fabricante y de manera genérica cada 40000 km o cada 2 años.

Figura 8

Nivel de Líquido de Frenos en Reservorio



2.7. Elección de Líquido de Frenos Adecuado para Vehículos Modernos

Actualmente la gran mayoría de los conductores de vehículos probablemente desconocen con exactitud el tipo de líquido de frenos que se quiere cada uno de sus vehículos y este factor de desconocimiento puede llegar a perjudicar al sistema de frenos, así como

desgaste de sus componentes y sistemas como lo son el ABS, ESP o el del freno denominado de emergencia.

La consideración que se debe tener en cuenta para la selección del líquido de frenos para vehículos modernos radica en las especificaciones del fabricante la cual se fundamenta en por el DOT, bajo la norma FMVSS con sus siglas en inglés de Norma Federal de Seguridad para Vehículo de Motor, la cual es de mucha similitud a la norma japonesa JIS que significan Estándares Industriales Japoneses, o de la norma alemana DIM de sus siglas del Instituto Alemán de Normalización, también se tienen otras normas que definen a los líquidos de frenos como lo son la AS que es la norma de Estandarización Australiana y la SAE que es la Sociedad de Ingenieros del Automóvil y finalmente la ISO que es la Organización Internacional de Estandarización.

En la tabla 1 se puede apreciar las especificaciones de los líquidos de frenos:

Tabla 1

Especificaciones de Líquidos de Frenos según Normas

PROPIEDAD	AS 1960.1			FMVSS 116			SAE	ISO	
	GRADO 1	GRADO 2	GRADO 3	DOT 3	DOT 4	DOT 5.1	J1703	J1704	4925
Punto de ebullición - DERBP °C mín	230	260	260	205	230	260	205	230	205
Punto de ebullición en húmedo - WERBP °C mín	140	155	170	140	155	180	140	155	140
Viscosidad (-40 °C) máx	1500	1800	1800	1500	1800	900	1800	1800	1800

Nota: Información tomada de la empresa Ravenol

Para poder interpretar la tabla de selección de líquidos de frenos se deben tener claro ciertos conceptos como lo son los siguientes:

- Punto de ebullición, es la temperatura a la cual el agua inicia su fase de hervir un líquido para el cual de manera general se toma como referencia al agua que bajo condiciones predeterminadas se da a los 100 °C, a diferencia de un líquido de frenos con un punto de ebullición elevado se da a temperaturas mayores a los 300 °C, pero un líquido de frenos que contenga un punto de ebullición bajo este experimenta esta fase aproximadamente a los 140 °C dependiendo del estado del líquido.
- Punto de ebullición en seco, que es la temperatura del punto de ebullición cuando el líquido de frenos es completamente nuevo y no ha absorbido ningún porcentaje de humedad.
- Punto de ebullición en húmedo, que es el punto de ebullición en un líquido el cual absorbe una proporción de humedad del 3.7 % en volumen de agua tras habitualmente de 1 a 2 años de haber sido utilizado.
- Viscosidad, con esta propiedad se describe las propiedades de fluidez de los líquidos de frenos. Para cuando mayor sea el valor, peor fluirá el fluido. En el caso de que el valor es elevado para una temperatura baja del aire, este líquido puede llegar a tener una influencia negativa en el rendimiento del sistema ABS.
- Valor de pH, este valor que refleja el contenido en ácidos o bases de una solución. Cuando este valor se encuentra por debajo de los 7 se considera una sustancia como ácida y en este caso un líquido de frenos es considerado como un acelerador de la corrosión de otros componentes del freno.

2.8. Tecnología Aplicada en Líquidos de Frenos en el Ecuador

Según un estudio investigativo realizado por (Reyes, Paucar, Guanuche, & Usiña, 2012), en el cual se analiza de una manera profunda el porcentaje de partículas de cobre por millón contiene un líquido de frenos así como su temperatura en el punto de ebullición de los

líquidos de freno en distintos vehículos que circulan en el Ecuador teniendo en cuenta la selección de los modelos en su estudio, para lo cual un factor muy importante es el de tener en cuenta su kilometraje del plan de mantenimiento para de esta manera llegar a la obtención de resultados y conclusiones de que si el líquido cuenta con una concentración de cobre que va a estar en un rango de 0 a 30 ppm, este fluido esta en óptimas condiciones de funcionamiento caso contrario requiere de una sustitución del sistema de frenos, y en cuanto a la temperatura de ebullición los resultados vararon según el tipo de líquido de freno con que llevan los modelos analizados obteniendo de esta manera unos resultados y conclusiones importantes como lo son que en ciertos casos esta característica física del líquido de frenos soportó en un 60 % por ciento de su vida útil en el rango del plan de mantenimiento y en otros caso fue del 0 % con un rango de operación de 50000 km de recorrido.

Según la empresas multinacional (Continental, 2020), en una de sus publicaciones presenta un artículo en el que indica sobre las nuevas tecnología con que cuentan sus productos de líquidos de frenos las mismas que se comercializan en el Ecuador, logrando de esta manera un alto desempeño y a su vez seguridad de los pasajeros al momento de conducir un vehículo, por lo que ahora se cuentan con líquidos de frenos que poseen una viscosidad excepcional la cual conserva sus propiedades hasta en condiciones ambientales extremas como lo es a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, otra de sus propiedades es que los intervalos de sustitución actualmente se pueden extender por el motivo que el punto de ebullición húmedo con que cuentan actualmente es muy alto alcanzando los $180\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dentro de los nuevos estándares tecnológicos con que deben contar los líquidos de frenos con aplicación en vehículos modernos.

Dentro de las características con que se cuenta están las siguientes:

Valores de viscosidad máximos de $750 \text{ mm}^2/\text{s}$ a $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ los mismos que superan a los líquidos de frenos que cuentan con certificación ISO Clase 6, por lo que se les denomina “Súper” dentro de su designación.

Según (Continental, 2020) indica que el “Súper DOT 5.1 permite que los sistemas de seguridad en la conducción reaccionen rápidamente en condiciones de frío extremo. El alto punto de ebullición en húmedo mejora la funcionalidad bajo altas cargas de frenos y también recambio más largo”.

En definitiva, la tecnología molecular de los líquidos de frenos se refiere al estudio y desarrollo de estos fluidos a nivel molecular para mejorar sus propiedades y desempeño en los sistemas de frenado. Los líquidos de frenos, como el DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1, son formulados con compuestos químicos específicos para cumplir con requisitos de viscosidad, punto de ebullición y estabilidad. La tecnología molecular busca optimizar estas formulaciones a través de la comprensión detallada de las interacciones a nivel molecular.

Este enfoque implica la selección y diseño de moléculas que proporcionen características superiores, como resistencia a la absorción de agua, estabilidad térmica y compatibilidad con los materiales del sistema de frenado. Además, la tecnología molecular permite la creación de líquidos de frenos más resistentes a la degradación y con propiedades mejoradas de manera más precisa y eficiente. La investigación en esta área contribuye al avance continuo de los sistemas de frenado en vehículos modernos, mejorando la seguridad y el rendimiento

2.9. Estado Actual de la Investigación en Líquido de Frenos

Dentro de los últimos estudios investigativos realizados a inicios del año 2022, el estado actual de la tecnología llevada a cabo en líquidos de frenos aplicada a vehículos modernos estaba enfocado en mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de los sistemas de frenado. Los estudios se centraban en:

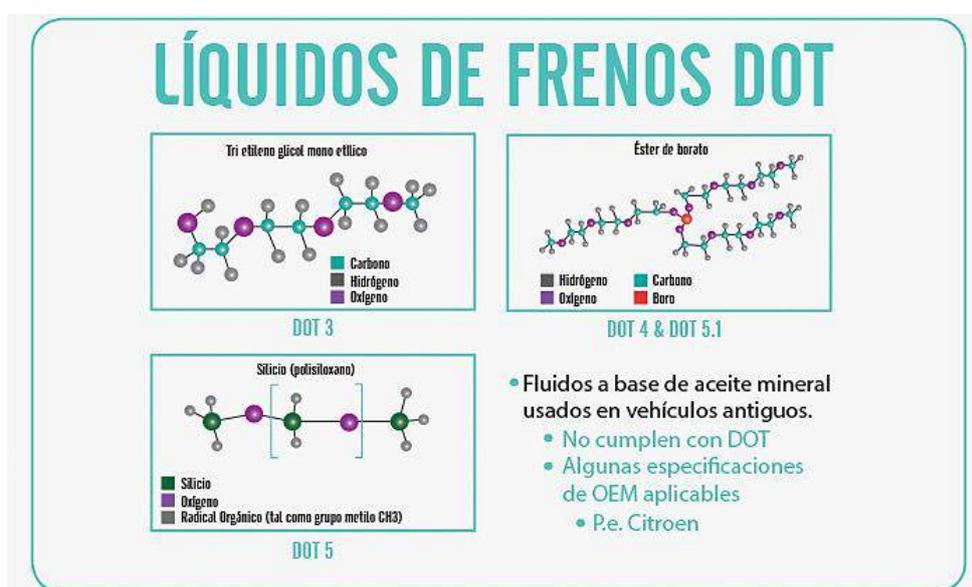
2.9.1. Desarrollo de Nuevos Compuestos

Dentro de este desarrollo investigativo se han realizado trabajos en la formulación o creación de nuevos compuestos que constituyen a un líquido de frenos los cuales son aplicados a vehículos modernos en lo que corresponde a su formulación de los líquidos, lo que brinda una mejora indiscutible de sus propiedades, con puntos de ebullición mucho más altos, menor absorción de humedad y mayor estabilidad térmica. Logrando de esta manera que el mismo líquido cumpla la función de lubricar cada una de las partes móviles cuando estos elementos están en funcionamiento y experimentan una alta elevación de temperatura dentro del sistema, otros de los aspectos es que se logra que no se evapore el líquido de frenos durante su funcionamiento por la elevación de temperatura que ocurre durante este proceso, así mismo ser compatible con otros componentes del sistema de freno que poseen en su elaboración materiales como elastómeros y plásticos, finalmente que el líquido brinde una protección anticorrosivo a los metales del sistema.

En la figura 9 se puede apreciar alguno de los enlaces de los componentes químicos de un líquido de frenos.

Figura 9

Enlaces Químicos de Líquido de Frenos



Fuente: (Ramírez, 2016)

2.9.2. *Compatibilidad con Tecnología Emergente*

Con la proliferación de sistemas de frenado avanzados, como frenos regenerativos en vehículos eléctricos e híbridos, se investigaba la compatibilidad de los líquidos de frenos con estas tecnologías emergentes.

En la figura 10 se observa una de las marcas con las que es un líquido de frenos el cual se aplica para vehículos eléctricos e híbridos.

Figura 10

Líquido de Frenos para ser Aplicado en Vehículos Eléctricos e Híbridos



Teniendo en cuenta que este tipo de vehículos su funcionamiento y condiciones de operación es diferente sobre todo en cuanto a generación de temperatura ya que la mayoría de estos cumple una operación de regeneración de freno para lo cual el sistema implementado debe trabajar correctamente para que sea eficiente.

2.9.3. *Análisis de Degradación a Largo Plazo*

Con realización de un sinnúmero de estudios a largo plazo que permiten comprender mejor cómo los líquidos de frenos se degradan con el tiempo y bajo diversas condiciones de conducción, así como ambientales, lo cual es crucial para establecer intervalos de mantenimiento efectivos.

Por lo que según (AutoPlanet. Perú, 2015) indica que “El líquido de frenos puede contaminarse con el tiempo por factores, como humedad, suciedad, sedimentos y desgaste de componentes del sistema. Estas impurezas pueden tener un impacto negativo en el su rendimiento y comprometer la eficacia de todo el sistema”

En la figura 11 se puede apreciar un proceso de degradación con el tiempo y funcionamiento de vehículo sobre el líquido de frenos, en lo cual va a ir cambiando sus propiedades y así visualmente se distingue la variación de la tonalidad.

Figura 11

Líquido de Frenos Bajo Proceso de Degradación



Fuente: (AutoPlanet. Perú, 2015)

Uno de los principales problemas que afecta al líquido de frenos es la absorción de humedad. A medida que el líquido envejece, es que tiende a absorber la humedad del aire circundante.

La presencia de humedad en el sistema de frenos puede provocar la formación de burbujas de vapor durante el frenado, lo que reduce la capacidad de frenado y puede provocar una pérdida de presión en el sistema y sobre todo se produce la disminución del punto de ebullición.

Por este motivo se pueden producir algunas consecuencias en el sistema de frenos provocado por la contaminación del mismo ya que al tenerlo en estas condiciones de operación puede generar graves consecuencias para la seguridad y rendimiento del sistema de frenado del vehículo entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Pérdida de la fuerza de frenado
- Degradación de los componentes del sistema de frenado
- Mayor riesgo de fallos en situaciones críticas

2.9.4. Impacto Ambiental y Sostenibilidad

Las investigaciones en las últimas décadas se han orientado al área de los líquidos de frenos más respetuosos con el medio ambiente, explorando opciones biodegradables y menos tóxicas.

Pero así mismo depende mucho del servicio de mantenimiento donde los técnicos al momento de purgar el sistema de frenos a al generar una sustitución de este fluido no cumple un procedimiento adecuado de manejo de residuos lo que ocasiona un punto muy alto de riesgo contaminante.

2.9.5. Pruebas de Desempeño en Condiciones Reales de Funcionamiento

Este aspecto se enfoca en la realización de pruebas de desempeño en condiciones reales de conducción para evaluar cómo los líquidos de frenos respondían a situaciones prácticas y extremas.

2.9.6. Educación y Concienciación

Además de las investigaciones técnicas realizadas a través del tiempo, se deben constantemente realizar acciones de educar a mecánicos y conductores sobre la importancia de elegir y mantener adecuadamente los líquidos de frenos para optimizar la seguridad y el rendimiento.

Es crucial verificar las fuentes más recientes y específicas para obtener la información más actualizada sobre la investigación en líquidos de frenos y su aplicación a vehículos modernos, ya que la investigación es un campo en constante evolución.

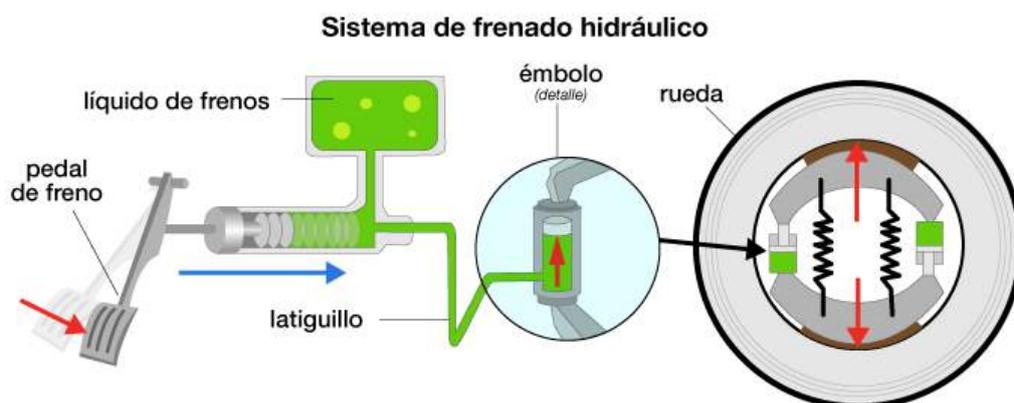
2.10. El Sistema de Frenos del tipo Hidráulico

El sistema de frenos hidráulico es una parte esencial de los vehículos modernos, garantizando la seguridad al permitir un control preciso sobre la velocidad y detención del automóvil. Su conceptualización y funcionamiento involucran principios hidráulicos, componentes clave y un proceso coordinado para transformar la energía cinética del vehículo en calor, disipando la velocidad y permitiendo una detención controlada.

En la figura 12, básicamente se puede apreciar como es el esquema de un sistema de frenos del tipo hidráulico en el cual se utiliza por su principio de funcionamiento el fluido líquido de frenos.

Figura 12

Esquema del Sistema de Frenos Hidráulico



Fuente: (De la O, 2017)

2.11. Conceptualización del Sistema de Frenos del Tipo Hidráulico

En un sentido conceptual, el sistema de frenos hidráulico se basa en la ley de Pascal, que establece que la presión ejercida en un fluido confinado se transmite por igual en todas las direcciones. Este principio se aplica a través de un circuito cerrado que conecta el pedal del freno al mecanismo de frenado en cada rueda del vehículo.

2.11.1. Ley de Pascal Aplicada al Sistema de Frenos

La Ley de Pascal es fundamental para entender el funcionamiento del sistema de frenos hidráulico en los vehículos modernos. Esta ley establece que "cualquier cambio en la presión de un fluido incompresible confinado se transmite de manera uniforme en todas las direcciones". En el contexto del sistema de frenos, el fluido incompresible es el líquido de frenos, y la aplicación de la Ley de Pascal se puede observar en varios componentes clave.

El sistema consta de varios componentes clave: el pedal del freno, el cilindro maestro, las tuberías o conductos hidráulicos, el cilindro de rueda o pinza de freno y las pastillas de freno. El pedal del freno actúa como una palanca que inicia el proceso al ser presionado por el conductor.

- *Cilindro Maestro:* Cuando el conductor presiona el pedal del freno, se aplica una fuerza al pistón en el cilindro maestro. Según la Ley de Pascal, esta presión se transmite uniformemente a través del líquido de frenos en todas las direcciones.
- *Tuberías y Conductos:* La presión generada en el cilindro maestro se transmite a través de las tuberías y conductos que llevan el líquido de frenos a los cilindros de rueda en cada rueda del vehículo. La Ley de Pascal garantiza que la presión se mantenga constante a lo largo del sistema.
- *Pedal del freno:* Cuando el conductor pisa el pedal del freno, aplica una fuerza mecánica que se transmite al cilindro maestro.

- *Fluido de frenos:* El fluido de frenos, comúnmente un líquido hidráulico no compresible, transmite la presión generada por el cilindro maestro a través de las tuberías y conductos hacia los cilindros de rueda en cada rueda.
- *Cilindros de Rueda o Pinzas de Freno:* En cada rueda, el líquido de frenos transmite la presión al cilindro de rueda o pinza de freno. Esta presión se utiliza para activar el pistón en el cilindro, que a su vez presiona las pastillas de freno contra el disco o tambor.
- *Pastillas de Freno:* La presión transmitida a las pastillas de freno genera fricción contra la superficie giratoria del disco o tambor, convirtiendo la energía cinética en calor y reduciendo la velocidad del vehículo.
- *Disipación de calor:* El calor generado durante la fricción se disipa al aire, reduciendo así la velocidad del vehículo. Cuanto mayor es la presión del pedal del freno, mayor es la fuerza aplicada a las pastillas de freno, aumentando la capacidad de detención.
- *Retorno del fluido:* Cuando el pedal del freno se suelta, el pistón en el cilindro maestro vuelve a su posición inicial, creando una presión negativa que permite que el fluido de frenos regrese al cilindro maestro desde los cilindros de rueda

Este proceso se repite cada vez que se aplica el freno, creando un sistema eficiente y repetitivo que proporciona un control preciso sobre la velocidad y detención del vehículo.

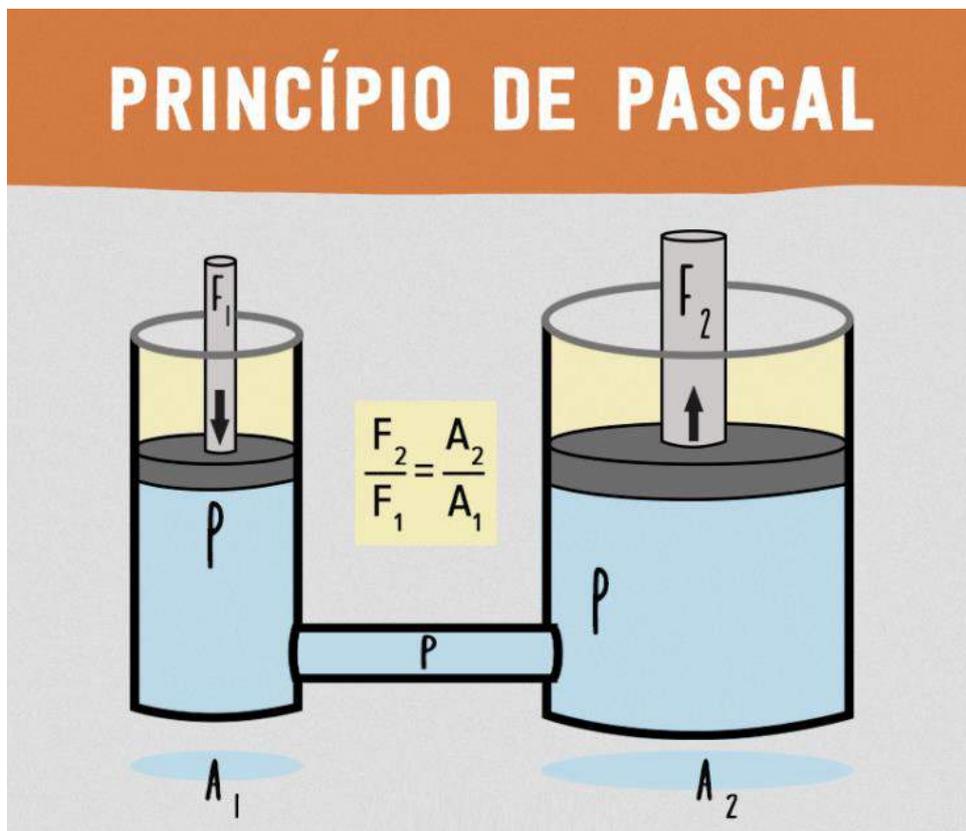
La Ley de Pascal asegura que la presión ejercida en el pedal del freno se transmita eficientemente a través del sistema hidráulico, permitiendo así una aplicación uniforme de fuerza en cada rueda. Esto es esencial para lograr una detención equilibrada y controlada del vehículo, ya que evita que una rueda frene más que otra, contribuyendo a la seguridad y estabilidad durante la frenada.

La aplicación práctica de la Ley de Pascal en el sistema de frenos hidráulico es un ejemplo clave de cómo los principios fundamentales de la física se utilizan ingeniosamente en la ingeniería automotriz para mejorar la seguridad y el rendimiento de los vehículos.

Claramente este principio de la Ley de Pascal se puede observar en la figura 13.

Figura 13

Esquema del Principio de la Ley de Pascal



Fuente: (Sánchez, 2023)

Para el caso de que se requiera su modelo matemático este es el siguiente:

Ecuación 1

Ley de Pascal

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

Donde:

$A_1 =$ Área de la sección 1

$A_2 =$ Área de la sección 2

$F_1 =$ Fuerza aplica sobre la sección 1

$F_2 =$ Fuerza aplica sobre la sección 2

Capítulo III

Método de Comprobación del Estado del Líquidos de Frenos en Vehículos

Modernos

3.1. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es fundamental para la validez y confiabilidad de los resultados del presente proyecto investigativo. En el caso del estudio sobre el análisis comparativo de desempeño y degradación en líquidos de frenos aplicado a vehículos modernos, se propone un diseño que abarca diferentes etapas y métodos, como se las expone a continuación:

3.1.1. Tipo de Investigación

Para el presente estudio se lleva a cabo un tipo de investigación denominada como experimental, por el motivo de que se lleva a cabo pruebas controladas por medio de un equipo de medición lo cual llegará a cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo investigativo y así obtener datos cuantitativos sobre el desempeño y la degradación de los líquidos de frenos, los cuales están dirigidos su aplicación sobre los vehículos modernos esto quiere decir autos modernos que no pasen de 5 años de su salida del concesionario.

3.2. Selección de Muestras y Vehículos

La selección de muestras y vehículos es un paso crucial en el diseño de la investigación sobre líquidos de frenos en vehículos modernos. En este estudio, se enfocará en vehículos de pasajeros no mayores a 5 años para garantizar la representatividad de las tecnologías y sistemas de frenado más actuales. La elección de este intervalo temporal se fundamenta en la rápida evolución de la tecnología automotriz, donde los sistemas de frenado han experimentado mejoras significativas en términos de eficiencia y seguridad.

Para la selección de vehículos, se considerarán diversas marcas y modelos que representen adecuadamente la diversidad del parque automotor. Se prestará especial atención

a la variabilidad en sistemas de frenado, como frenos de disco y tambor, y la presencia de tecnologías de asistencia al frenado, como ABS (Sistema Antibloqueo de Frenos), esto se puede apreciar en la figura 14 en la que se puede observar un vehículo moderno el cual transita en el Ecuador.

Figura 14

Vehículos Modernos en el Ecuador



Fuente: (El Universo, 2023)

En cuanto a las muestras de líquidos de frenos, se elegirán productos representativos de cada especificación principal: DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1, unos de estos ejemplos se pueden apreciar en la figura 15. Se procurará obtener muestras de diferentes fabricantes para abordar posibles variaciones en la composición química y propiedades de cada tipo de líquido.

La metodología incluirá pruebas de laboratorio para medir propiedades físicas y químicas, como el punto de ebullición, la viscosidad y la absorción de agua. Asimismo, se llevarán a cabo pruebas de frenado en vehículos seleccionados, registrando datos sobre la distancia de frenado, la respuesta del pedal y la estabilidad del vehículo.

Figura 15

Muestras de Líquido de Frenos en el Ecuador



Fuente: (Vistony, 2021)

Este enfoque de selección de muestras y vehículos proporcionará una base sólida para la investigación, asegurando la representatividad de las condiciones reales de uso y permitiendo una evaluación precisa del desempeño y degradación de los líquidos de frenos en vehículos modernos. Además, se considerará la diversidad en sistemas de frenado y tecnologías, garantizando resultados más robustos y aplicables al panorama actual de la industria automotriz.

3.3. Selección de Dispositivo de Medición

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo se ha determinado el uso de un probador de líquido de frenos que es una herramienta de diagnóstico diseñada para evaluar el estado del líquido de frenos de un vehículo. La función principal de este dispositivo es medir el contenido de humedad en el líquido de frenos, lo cual es fundamental para mantener la eficiencia y seguridad del sistema de frenos. La humedad puede ingresar al líquido de frenos con el tiempo, especialmente en ambientes húmedos, lo que provoca una disminución en el punto de ebullición del líquido y compromete potencialmente el rendimiento de frenado.

El probador de líquido de frenos normalmente funciona extrayendo una pequeña muestra de líquido de frenos del depósito del cilindro maestro del vehículo. Luego, el probador analiza el contenido de humedad dentro de la muestra y proporciona una lectura o indicación del estado del fluido. Esta información ayuda a los mecánicos y propietarios de vehículos a determinar si es necesario reemplazar el líquido de frenos.

El uso regular de un probador de líquido de frenos puede contribuir al mantenimiento preventivo, evitando problemas relacionados con la contaminación del agua y garantizando un rendimiento óptimo del sistema de frenos. Es una herramienta útil para profesionales y entusiastas de la automoción centrados en mantener la seguridad de los frenos.

En la figura 16 se puede apreciar el equipo con que se desarrolla la parte práctica de la presente investigación.

Figura 16

Probador de Líquido de Frenos



3.4. Modo de Funcionamiento del Probador de Líquidos de Frenos

Un probador de líquido de frenos o conocido como "Brake Fluid Tester", es una herramienta diseñada para medir la calidad del líquido de frenos en un vehículo, a continuación, se describe de forma general su funcionamiento:

3.4.1. Diseño del Producto

El probador consta de un cuerpo cilíndrico muy ergonómico y liviano de fácil manipulación con un extremo puntiagudo que se sumerge en el líquido de frenos, como se puede apreciar en la figura 17.

Figura 17

Diseño del Probador de Líquido de Frenos



3.4.2. Tecnología de Medición

Este tipo de probador de estado del líquido de frenos posee una tecnología electroquímica para evaluar la cantidad de agua en el líquido de frenos ya que el agua puede infiltrarse en el sistema de frenado a lo largo del tiempo, afectando el punto de ebullición del líquido y, por lo tanto, su eficacia

3.4.3. Procedimiento de Prueba

Se enciende el probador y se inserta la sonda en el líquido de frenos del vehículo, tal cual como se muestra en la figura 18.

Figura 18

Diseño del Probador de Líquido de Frenos



3.4.4. Resultado de la Prueba e Interpretación de Resultados

El probador analiza la cantidad de agua o humedad que presente en el líquido de frenos y proporciona un resultado en forma de indicadores LED, luces o una pantalla digital por la parte externa del indicador.

Los resultados pueden clasificarse en categorías como "bueno", "cambio sugerido" o "cambio necesario", indicando la condición del líquido de frenos, como se puede observar en la figura 19.

Un resultado "bueno" significa que la cantidad de agua en el líquido de frenos está dentro de los límites aceptables.

Si el resultado indica "cambio sugerido" o "cambio necesario", se recomienda realizar un reemplazo del líquido de frenos para mantener su eficacia y la seguridad del sistema de frenado.

Figura 19*Obtención de Resultados del Probador de Líquido de Frenos*

Estos probadores son herramientas útiles para los propietarios de vehículos, los mecánicos e investigadores automotrices, ya que proporcionan una indicación rápida de la calidad del líquido de frenos sin necesidad de desmontar el sistema de frenado. Es importante seguir las indicaciones del fabricante del probador para obtener resultados precisos y tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento del sistema de frenado.

3.5. Medición del Punto de Ebullición

La medición del punto de ebullición en líquidos de frenos aplicados en vehículos modernos es un aspecto crítico para evaluar su desempeño y seguridad. El punto de ebullición se refiere a la temperatura a la cual el líquido de frenos comienza a evaporarse y formar burbujas de vapor, lo que podría comprometer la eficacia del sistema de frenado. En este sentido, se llevará a cabo una prueba bajo un entorno controlado de manera meticulosas para determinar el punto de ebullición de diferentes tipos de líquidos de frenos, incluyendo DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1.

Las pruebas consistirán en calentar gradualmente muestras representativas de cada líquido de frenos, registrando la temperatura a la cual se inicia la formación de burbujas de vapor. Este proceso permitirá establecer de manera precisa y comparativa los puntos de ebullición iniciales de cada tipo de líquido de frenos, proporcionando datos cruciales sobre su resistencia al calentamiento. Esta información es fundamental para comprender cómo los líquidos de frenos responden a condiciones de frenado intensas, como las experimentadas en situaciones de emergencia o durante descensos prolongados.

El resultado obtenido en este ensayo permite determinar cuál de los líquidos de frenos evaluados muestra una mayor resistencia al calentamiento, proporcionando así información valiosa para este proyecto investigativo. Además, estos datos son esenciales para el posterior análisis comparativo de desempeño y degradación, contribuyendo a la comprensión global de cómo los líquidos de frenos afectan la seguridad y el rendimiento en los sistemas de frenado de vehículos modernos.

3.6. Análisis de la Viscosidad

La viscosidad es una propiedad clave de los líquidos de frenos aplicados en vehículos modernos, desempeñando un papel crucial en el rendimiento efectivo del sistema de frenado. La viscosidad se refiere a la resistencia interna del líquido al flujo y es particularmente significativa en el contexto de los líquidos de frenos, ya que afecta directamente la capacidad del sistema de transmitir la fuerza de frenado desde el pedal hasta las ruedas. En líneas generales, se busca que el líquido de frenos tenga una viscosidad adecuada para facilitar el flujo rápido y uniforme a través del sistema hidráulico de frenado, garantizando una respuesta eficiente y consistente al conductor.

En el análisis de la viscosidad en líquidos de frenos para vehículos modernos, es esencial considerar las variaciones en esta propiedad en función de factores ambientales y de uso. La viscosidad de los líquidos de frenos puede cambiar con la temperatura, siendo crucial

evaluar su comportamiento en un rango que abarque desde temperaturas extremadamente bajas a altas. Esta variación térmica puede influir en la capacidad del líquido para mantener su consistencia durante condiciones operativas diversas, como frenadas intensas o temperaturas ambientales fluctuantes. Por lo tanto, un análisis exhaustivo de la viscosidad debe abordar no solo su valor inicial, sino también su respuesta a diferentes temperaturas y su estabilidad en condiciones variables de funcionamiento.

La selección adecuada de líquidos de frenos en función de su viscosidad implica equilibrar la necesidad de fluidez eficiente a diversas temperaturas con la capacidad de mantener sus propiedades a lo largo del tiempo. Un líquido de frenos con viscosidad inadecuada podría comprometer la eficacia del sistema, afectando la capacidad de frenado y, en última instancia, la seguridad del vehículo. Por lo tanto, un análisis minucioso de la viscosidad en líquidos de frenos para vehículos modernos es esencial para garantizar un rendimiento confiable y consistente del sistema de frenado en condiciones operativas diversas.

3.7. Evaluación de la Absorción de Agua

La absorción de agua por parte del líquido de frenos en vehículos modernos es un aspecto crítico que influye en la eficacia del sistema de frenado y, por ende, en la seguridad del vehículo. Los líquidos de frenos, como DOT 3, DOT 4 y DOT 5.1, son higroscópicos, lo que significa que tienden a absorber agua con el tiempo. Esta absorción de agua puede afectar significativamente el punto de ebullición del líquido de frenos, aumentando el riesgo de ebullición en situaciones de frenado intensas y prolongadas.

La absorción de agua se ve agravada por las condiciones climáticas y el entorno en el que se opera el vehículo. La humedad atmosférica puede ingresar al sistema de frenado a través de juntas y sellos, contribuyendo al proceso de absorción. Esta absorción de agua puede dar lugar a la formación de burbujas de vapor durante el frenado, lo que afecta negativamente la transferencia de presión y la capacidad de frenado del vehículo. Además, la presencia de

agua en el sistema de frenado puede provocar la corrosión de componentes metálicos, lo que tiene implicaciones a largo plazo para la integridad del sistema.

Para evaluar la absorción de agua de manera efectiva, se realizarán pruebas específicas en el marco de esta investigación. Estas pruebas incluirán la medición de la cantidad de agua absorbida por diferentes tipos de líquidos de frenos bajo condiciones controladas. Los resultados de estas pruebas serán esenciales para comprender cómo la absorción de agua varía entre los distintos líquidos de frenos y cómo estos cambios pueden afectar la seguridad y el rendimiento del sistema de frenado en vehículos modernos. Además, se buscará establecer recomendaciones para intervalos de cambio de líquido de frenos basadas en los niveles de absorción de agua observados, proporcionando así pautas prácticas para el mantenimiento preventivo de sistemas de frenado en vehículos modernos.

3.8. Factor Higroscópico del Líquido de Frenos

La conceptualización del factor higroscópico del líquido de frenos en vehículos modernos implica entender su capacidad para absorber y retener agua del ambiente circundante.

El término "higroscópico" se refiere a la afinidad de una sustancia por el agua, y en el contexto de los líquidos de frenos, este factor es crítico debido a su impacto en las propiedades del líquido.

Los líquidos de frenos higroscópicos, como DOT 3 y DOT 4, tienen la capacidad de absorber humedad con el tiempo. Esta absorción puede tener consecuencias negativas, ya que el agua afecta el punto de ebullición del líquido de frenos, disminuyendo su eficacia y aumentando el riesgo de fallo del sistema de frenado en situaciones críticas.

La conceptualización del factor higroscópico implica considerar cómo esta propiedad influye en la degradación del líquido de frenos, así como en la necesidad de un mantenimiento

más frecuente para evitar la pérdida de rendimiento y garantizar la seguridad en la conducción de vehículos modernos.

3.9. Probador de Estado de Líquido de Frenos

Para el desarrollo práctico del presente estudio investigativo se lo realiza por medio de un equipo de la marca RoHS para la cual su aplicación es muy versátil, de fácil manipulación, para lo cual a continuación se detallarán cada una de sus características el probador de estado de líquido de frenos:

3.9.1. Descripción del Probador del Estado de Líquido de Frenos

- Este equipo es un comprobador exclusivamente para líquidos de frenos del tipo DOT4.
- Así mismo es probados de líquido de frenos está diseñado para comprobar la calidad del líquido de frenos de una forma muy sencilla que solo es de colocar una pequeña porción en el líquido de frenos y rápidamente si el líquido de frenos no contiene demasiada agua, lo que puede provocar fallos en el sistema de frenado. Se utiliza principalmente en talleres técnicos de forma profesional y servicios de automoción.

3.9.2. Características del Probador de Líquido de Frenos

- El probador está diseñado para medir el porcentaje de humedad en el líquido de frenos.
- Está determinado para la detección de estado de líquido de frenos del tipo DOT-4.
- Se encuentra diseñado para determinar la calidad y estado del fluido denominado líquido de frenos.
- Desarrollado adecuadamente para el uso de forma profesional de separación de sistemas automotrices.

- Su funcionamiento se basa por la comprobación de que la calidad del líquido es indicada y apropiada en cinco luces LED en términos del porcentaje de agua concentrada en el líquido de frenos.
- En cuanto a su alimentación energética para su funcionamiento utiliza una pila alcalina AAA micro de la calidad LR 03 y de voltaje 1.5 V, esto se puede apreciar clara mente en la figura 20.

Figura 20

Energización del Probador de Líquido de Frenos



- Su tempera de funcionamiento oscila de 0 a 50 °C.
- Rango de detección de humedad de 0 a 85 %.
- Funcionamiento de operación correcta de acuerdo a la altura como máximo de 2000 m sobre el nivel del mar.

3.9.3. Instrucciones de Uso del Comprobador de Líquido de Frenos

El uso de este equipo comprobador del estado de líquido de freno DOT-4 es muy sencilla pero antes de su uso se deben tener las siguientes precauciones:

- Si el equipo es nuevo se debe colocar unas pilas alcalinas AAA y en caso que se requiera reemplazar se debe percatar en la luz LED inferior de la zona de indicación ya que esta debe presentar una luz verde encendida al presionar el botón de encendido y si esta no enciende eso indica que requiere de reemplazo.
- Después de utilizar el comprobado de líquido de frenos se recomienda lavar las puntas con agua corriente.

Con la aplicación y precaución de estas precauciones básicas se procede su uso de la siguiente manera:

Asegurarse de las condiciones de seguridad del vehículo esto quiere decir que se encuentre en un lugar firme y nivelado, para proceder a destapar el envase del líquido de frenos, como se puede observar en la figura 21.

Figura 21

Ubicación del Reservorio de Líquido de Frenos



Luego de tener visible el líquido de frenos se procede a halar la tapa inferior del comprobador del líquido de frenos, como se muestra en la figura 22.

Figura 22

Colocación del Probador de Líquido de Frenos



Luego se procede a presionar el botón superior del probador de líquido de frenos para así encenderlo y se prenderá el LED de color verde como se muestra en la figura 23.

Figura 23

Encendido del Probador de Líquido de Frenos



Como se ve en la figura 24 se sumerge las puntas del probador en el líquido de frenos.

Figura 24

Colocación del Probador de Líquido de Frenos en el Líquido de Frenos



De esta manera el probador brinda los resultados del análisis del estado del líquido de frenos por medio de las luces LED como se muestra en la figura 25.

Figura 25

Obtención de Resultados del Líquido de Frenos



La interpretación de cada uno de los LED's se detalla a continuación en la tabla 2:

Tabla 2

Interpretación de Luces LED del Probador de Líquido de Frenos

LED encendido	Descripción del Resultado
Batt ●	Probador encendido; sin agua en líquido de frenos
<1 % ●	
Batt ●	Menor de un 1 % de agua
<2 % ●	
<1 % ●	Aproximadamente 2 % de agua
Batt ●	
<3 % ●	
<2 % ●	Aproximadamente 3 % de agua y el líquido de frenos se debería cambiar
<1 % ●	
Batt ●	
>4 % ●	
<3 % ●	Peligro!
<2% ●	Por lo menos 4 % de agua.
<1 % ●	Cambiar el líquido de frenos inmediatamente
Batt ●	

Finalmente, el probador de líquido de frenos al transcurrir 12 segundos se apaga automáticamente.

3.10. Pruebas Realizadas en Campo

Para las pruebas en vehículos modernos, se seleccionarán muestras representativas no mayores a cinco años de antigüedad, como es el caso de un ejemplo del Toyota Raize como se puede ver en la figura 26. La configuración del probador de líquidos de freno debe encontrarse en correctas condiciones para las tomas de muestras aclarando que solo se coloca una restricción que es para líquidos de freno del tipo DOT 4. Las pruebas se llevarán a cabo en condiciones controladas, abordando condiciones de frenado normales y de emergencia. Se registrarán datos precisos sobre la distancia de frenado, la respuesta del pedal y la estabilidad del vehículo, proporcionando así información relevante sobre el desempeño de los líquidos de frenos en situaciones prácticas y actuales.

Figura 26

Vehículos Modernos para la Toma de Datos



Además del tipo de modelo del vehículo y sus años de operación, deberías tener muy en cuenta el valor del kilometraje con su respectivo registro como se ve en la figura 27.

Figura 27

Registro de Kilometraje de Muestra de Vehículos Modernos



Para llevar a cabo el registro de datos en este estudio, se seleccionarán vehículos de pasajeros no mayores a cinco años de antigüedad. Se recopilarán datos específicos sobre cada vehículo, incluyendo el tipo de líquido de frenos utilizado, la fecha de última sustitución del líquido, el kilometraje actual, y condiciones ambientales como temperatura y humedad. Además, se registrará información sobre el historial de mantenimiento, específicamente las intervenciones relacionadas con el sistema de frenado. Este enfoque permitirá evaluar de manera precisa la degradación de los líquidos de frenos en vehículos modernos bajo condiciones reales de uso. La información recopilada se analizará posteriormente para identificar patrones, tendencias y correlaciones significativas entre el tipo de líquido de frenos, su degradación y el rendimiento del sistema de frenado.

Entre los vehículos que se procede a tomar la muestra se encuentran los siguientes:

- Ford Explorer
- Volkswagen Tiguan
- JAC T6
- Mitsubishi Montero Sport
- Great Wall Haval H6
- Chevrolet Grand Vitara SZ
- Dodge Journey
- Toyota New RAV 4
- Renault Duster
- Mazda 2
- Souesat A5
- Nissan Frontier
- Kia Sportage GT Line
- Shineray SWM G01

- Kia Sportage Europa
- Chevrolet Onix LTZ
- Chery Tiggo 2
- Toyota Raize, entre otros

Cada uno con distinto kilometraje para lo cual se determina el elaborar una clasificación de cada uno de estos, pero por el kilometraje de recorrido que va desde los 0 a los 60 mil kilómetros, con la consideración de que solo esta prueba se realiza con el uso de líquido de frenos DOT 4.

La muestra tomada se presenta en la tabla 3

Tabla 3

Resultados Obtenidos del Estado del Líquido de Frenos según el Kilometraje

NÚMERO DE MUESTRAS	KILOMETRAJE	RESULTADO CON MAYOR FRECUENCIA
12	De 0 A 20000 km	Aproximadamente 2 % de agua
15	De 20001 A 40000 km	Aproximadamente 3 % de agua y el líquido de frenos se debería cambiar
17	De 40001 A 60000 km	Peligro! Por lo menos 4 % de agua. Cambiar el líquido de frenos inmediatamente
16	De 60001 A 80000 km	Peligro! Por lo menos 4 % de agua. Cambiar el líquido de frenos inmediatamente

Los resultados obtenidos se generaron de acuerdo a la mayor cantidad de resultados que se obtuvieron por parte de los grupos de clasificación que se destinó para la toma de muestras.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

4.1. Análisis Estadístico de los Datos Obtenidos

El análisis estadístico de datos revela un patrón distintivo en la degradación de los líquidos de frenos aplicados en vehículos modernos los mismos que operan con un líquido de frenos del tipo DOT-4, a lo largo de la distancia recorrida por los vehículos. Durante los primeros 20000 kilómetros, los resultados indican que los líquidos de frenos mantienen sus características nominales, demostrando estabilidad en propiedades como el punto de ebullición y la viscosidad. Sin embargo, a partir de los 20000 kilómetros, se observa un aumento significativo en la absorción de humedad por parte de los líquidos de frenos, evidenciando un punto de normal a crítico en su rendimiento.

Al alcanzar los 40000 kilómetros, el análisis revela una degradación completa de los líquidos de frenos. Se observa una disminución notable en el punto de ebullición y un cambio significativo en la viscosidad, indicando un deterioro sustancial en la composición química del líquido de frenos aplicado en vehículos modernos. Este fenómeno subraya la importancia de una sustitución completa del líquido de frenos en este punto para mantener la seguridad y eficacia del sistema de frenado.

Estos hallazgos respaldan la necesidad de establecer intervalos de mantenimiento específicos basados en la distancia recorrida, destacando la importancia crítica de sustituir los líquidos de frenos después de los 40000 kilómetros para prevenir la acumulación de humedad y asegurar un rendimiento óptimo del sistema de frenado a lo largo de la vida útil del vehículo y sobre todo precautelas la vida de los ocupantes ya que contarían con un sistema de frenos óptimos y a su vez mejoraría el control de desplazamiento del vehículo y de disminución de la distancia de frenado, lo que permite trabajar correctamente en un proceso de seguridad de

cada uno de los ocupantes y evitando de esta manera la accidentes leves o considerables por parte del conductor.

4.1.1. Análisis de la Absorción de Agua por medio del Líquido de Frenos

La prueba de comprobación del fenómeno higroscópico o de absorción de agua en líquidos de frenos es esencial para evaluar la capacidad del fluido de frenos para resistir la entrada de humedad durante su uso. Esta característica es especialmente crítica dado que la absorción de agua puede reducir significativamente el punto de ebullición del líquido, comprometiendo la eficacia del sistema de frenado. Durante el desarrollo de la prueba, se expone una muestra del líquido de frenos a condiciones simuladas de humedad, lo que permite cuantificar la cantidad de agua absorbida por el fluido a lo largo del tiempo. Este análisis proporciona una comprensión precisa de la capacidad del líquido de frenos para mantener sus propiedades a medida que se expone a ambientes húmedos, ofreciendo información valiosa sobre la durabilidad y el rendimiento a largo plazo del líquido en condiciones reales de operación.

La prueba de absorción de agua en líquidos de frenos no solo es indicativa de la resistencia del fluido ante la humedad, sino que también contribuye a establecer recomendaciones específicas para el mantenimiento preventivo, como la frecuencia adecuada de reemplazo del líquido. Este análisis profundo del fenómeno higroscópico permite a los fabricantes y usuarios tomar decisiones informadas para garantizar la integridad y eficiencia del sistema de frenado en vehículos modernos, fortaleciendo así la seguridad y el rendimiento en la carretera.

Para lo cual por medio del presente estudio se recomienda que todo tipo de líquido de frenos DOT-4 debe ser sustituido respetando y siguiendo de manera consiente las indicaciones del programa de mantenimiento del vehículo, así como a lo que sobrepase esta cantidad de kilometraje, se puede direccionar de forma adecuada para que el servicio de cambio de líquido

de frenos en autos modernos no debe sobrepasar los 40000 km, para la sustitución completa del líquido de frenos en todo el sistema.

En la figura 28, se puede apreciar el estado de la mayoría de toma de muestras en vehículos donde sobrepasaron los 40000 km, para lo cual se observa que el estado del líquido de frenos ha perdido su calidad y estrictamente requiere un cambio total del fluido.

Figura 28

Obtención de Resultados del Líquido de Frenos a Partir de los 40000 km



Bajo este análisis si en caso del seguimiento al monitorear una mayor cantidad de vehículos bajo un periodo extenso, se realizará un monitoreo continuo para evaluar cómo estos líquidos experimentan cambios en sus propiedades físicas y químicas en condiciones reales de conducción, para de esta manera registrar una mayor cantidad de datos sobre la absorción de agua, variaciones en el punto de ebullición y otros indicadores de degradación.

Este enfoque permite comprender mejor la evolución de los líquidos de frenos a lo largo del tiempo y proporcionará información valiosa sobre la durabilidad y la necesidad de mantenimiento a largo plazo en sistemas de frenado de vehículos modernos.

Conclusiones

En conclusión, y bajo los objetivos planteados al empezar el presente proyecto investigativo se establece que:

Se determinó el índice de efecto del desempeño y degradación en líquidos de freno, conforme a las normas FMVSS 116, ha sido abordado con éxito en esta investigación. A través de pruebas de campo controladas y evaluando de forma exhaustiva las propiedades de degradación de los líquidos de freno en los vehículos de no más de 5 años de fabricación que circulan en el Ecuador.

El resultado obtenido permitió la determinación que a partir de los 40000 km de manera obligatoria se recomienda una sustitución del líquido de frenos por que en ese punto inicia su degradación de manera considerable tomando en cuenta factores como su funcionamiento, tipo de mantenimiento, zona geográfica y factores climatológicos. Este análisis respalda la importancia de seguir las normas FMVSS 116 para garantizar la seguridad vial, proporcionando información valiosa para conductores, fabricantes y profesionales de mantenimiento de vehículos.

Se investigó en diversas fuentes técnicas, logrando obtener una comprensión detallada de las características y propiedades de los líquidos de freno empleados en vehículos modernos. Este análisis exhaustivo sienta las bases para abordar de manera efectiva el impacto de dichos líquidos en la seguridad y rendimiento vehicular.

Se estudió sobre la influencia de la absorción de agua en la degradación de los líquidos de freno reveló que la presencia de agua afecta significativamente la eficiencia de frenado. La absorción de agua provoca una disminución en el punto de ebullición y una reducción en la capacidad del líquido de freno para mantener su rendimiento óptimo, subrayando la importancia crítica de evitar la humedad para garantizar la seguridad vehicular.

Se comparó el efecto de la degradación de los líquidos de freno en condiciones reales de uso en vehículos modernos, se ha evidenciado la influencia significativa de este factor en la eficacia del sistema de frenado. Los resultados subrayan la importancia de un mantenimiento adecuado y la elección cuidadosa del tipo de líquido de freno para garantizar la seguridad y el rendimiento óptimo en carretera.

Con estas conclusiones, se abre la puerta a prácticas más informadas y efectivas en la selección y mantenimiento de líquidos de freno para vehículos modernos.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo regular del sistema de frenos, incluyendo inspecciones periódicas del nivel y calidad del líquido de frenos. Se aconseja realizar un chequeo completo del sistema de frenado cada 20000 km para detectar posibles desgastes, fugas o problemas en los componentes. Esto contribuirá a identificar y abordar cualquier problema antes de que afecte significativamente la seguridad y el rendimiento del sistema.

Se sugiere seguir una programación de sustitución del líquido de frenos cada 40000 km, independientemente de la aparente condición visual del líquido. Esta medida proactiva garantiza la integridad del líquido de frenos, ya que su degradación, aunque no siempre visible, puede comprometer el punto de ebullición y la eficacia del sistema de frenado. Al realizar cambios programados, se mantiene un nivel óptimo de seguridad y se minimiza el riesgo de problemas asociados con la degradación del líquido de frenos.

Se aconseja utilizar líquidos de frenos de alta calidad que cumplan con las especificaciones recomendadas por el fabricante del vehículo. La elección de un líquido de frenos adecuado, como DOT 4 o DOT 5.1, puede contribuir a una mayor resistencia a la absorción de agua y una degradación más lenta. Optar por productos de calidad garantiza un mejor desempeño y una vida útil más prolongada del líquido de frenos, disminuyendo la frecuencia de cambios y mejorando la eficiencia del sistema de frenado en vehículos modernos.

Bibliografía

- Alcazaba motor. (1 de Agosto de 2021). *Alcazabamotor.com*. Obtenido de <https://alcazabamotor.es/blog/2021/01/08/frenos-de-disco/#:~:text=En%201917%2C%20Malcolm%20Loughhead%2C%20invent%C3%B3,sistema%20de%20frenos%20hidr%C3%A1ulicos%20modernos.>
- AutoPlanet. Perú. (15 de Junio de 2015). *Autoplanet. Perú*. Obtenido de <https://autoplanet.pe/blog/que-sucede-cuando-el-liquido-de-frenos-de-tu-vehiculo-se-contamina/#:~:text=El%201%C3%ADquido%20de%20frenos%20puede,eficacia%20de%20todo%20el%20sistema.>
- Basco, B. (10 de Julio de 2020). *e-Automotive*. Obtenido de <https://noticias-renting.aldautomotive.es/componentes-sistema-frenos/#:~:text=L%C3%ADquido%20de%20frenos,-Es%20el%20fluido&text=Est%C3%A1%20compuesto%20por%20glicol%20o,pueda%20haber%20en%20el%20circuito.>
- Blancarte, J. (24 de Enero de 2011). *Autocosmos*. Obtenido de <https://noticias.autocosmos.com.mx/2011/01/24/por-que-es-necesario-cambiar-el-liquido-de-frenos>
- Continental. (4 de Junio de 2020). *Continental*. Obtenido de <https://www.continental.com/en/press/press-releases/2020-06-04-new-brake-fluid/>
- De la O, E. (2017). *Líquido de frenos*. Tabasco: UPC.
- El Universo. (18 de Mayo de 2023). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/estos-son-los-nuevos-modelos-de-vehiculos-que-marcas-traen-al-ecuador-nota/>
- GETAUTO. (17 de Abril de 2017). *Getauto*. Obtenido de <https://getauto.es/sistema-de-frenos/>
- Molero, L. (2013). *Los frenos en el automóvil*. Barcelona: Universidad del País Vásc.

- Ramírez, S. (1 de Abril de 2016). *Motorymas*. Obtenido de <https://motoresymas.com/cont-tecnico/liquido-de-frenos-2/>
- Reyes, G., Paucar, L., Guanuche, D., & Usiña, A. (2012). Estudio de las características físicas, químicas en líquido de frenos en función a la vida útil. *Polo del conocimiento*, 898-912.
- Sánchez, L. (12 de Agosto de 2023). *Teoríaonline*. Obtenido de <https://teoriaonline.com/teoria-de-pascal/>
- Talleres, B. (2022). *Buscando Talleres*. Obtenido de Buscando Talleres: <https://buscadordetalleres.com/blog/diferentes-tipos-de-sistemas-de-refrigeracion/>
- Total Energies. (8 de Noviembre de 2016). *Blog TotalEnergiesEspaña* . Obtenido de <https://blog.totalenergies.es/asi-son-los-liquidos-de-frenos-sinteticos/>
- Vera, E. (2017). *Propuesta de diseño ergonómico en butacas de vehículos monoplaça, para equipos ecuatorianos participantes de la Formula Student*. Quito: UISEK.
- Vistony. (15 de Agosto de 2021). *Vistony.pe*. Obtenido de <https://vistony.pe/blog/por-que-es-importante-usar-liquido-de-frenos/>

