



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS DEL PODER CALORÍFICO DEL ACEITE SAE  
20W50 DURANTE LA DEGRADACIÓN EN EL MOTOR DE  
COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL USO DE UNA  
BOMBA CALORIMÉTRICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

ABEL ALEXANDER VILLACIS CARRERA  
JHONNATAN BLADIMIR LEMA GUALOTO

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS DEL PODER CALORÍFICO DEL ACEITE SAE  
20W50 DURANTE LA DEGRADACIÓN EN EL MOTOR DE  
COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL USO DE UNA  
BOMBA CALORIMÉTRICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** ABEL ALEXANDER VILLACIS CARRERA

JHONNATAN BLADIMIR LEMA GUALOTO

**DIRECTOR:** Ing. CELIN ABAD PADILLA PADILLA

Riobamba – Ecuador

2022

**© 2022, Abel Alexander Villacis Carrera & Jhonnatan Bladimir Lema Gualoto**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, ABEL ALEXANDER VILLACIS CARRERA & JHONNATAN BLADIMIR LEMA GUALOTO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de marzo de 2022

**Abel Alexander Villacis Carrera**  
**180489819-3**

**Jhonnatan Bladimir Lema Gualoto**  
**060499978-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo Proyecto de Investigación. “ANÁLISIS DEL PODER CALORÍFICO DEL ACEITE SAE 20W50 DURANTE LA DEGRADACIÓN EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL USO DE UNA BOMBA CALORIMÉTRICA”, realizado por los señores: **ABEL ALEXANDER VILLACIS CARRERA & JHONNATAN BLADIMIR LEMA GUALOTO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Mario Efraín Audelo Guevara <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022/03/14
Ing. Celin Abad Padilla Padilla <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022/03/14
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022/03/14

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de Investigación está dedicado en primer lugar a Dios por darme la fortaleza durante todo este tiempo para poder cumplir esta meta muy importante dentro de mi vida profesional. A mis padres Abel Villacis y Celia Carrera quienes han sido un pilar muy importante durante todo este proceso, ya que, con sus valores, sus consejos y el apoyo económico han sido de gran motivación para mí. A mi hermano Christian Villacis quien me brindó su apoyo incondicional durante todo este tiempo. A mis abuelitos, mis tíos y mis primos que de igual forma han estado apoyándome durante todo este proceso. Finalmente, para mis Profesores y Amigos con quienes he tenido la oportunidad de compartir grandes momentos durante toda esta trayectoria, me llevo muchos recuerdos y consejos que me servirán a lo largo de vida profesional.

*Abel*

El presente proyecto de investigación, dedico muy cordialmente a Dios y luego a mis padres Cesar Lema & Georgina Gualoto, por haberme forjado como persona de principios y virtudes. Muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. A mis hermanos que fueron los principales cimientos para la construcción de mi vida personal y profesional, sentando en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación en el cual veo como un espejo en el cual me quiero reflejar pues con sus virtudes y su gran corazón me llevan admirarlos cada día más. Y a cada uno de mis familiares que con su apoyo y sanos consejos me motivaron a seguir adelante hasta cumplir mis sueños y objetivos y finalmente de una manera muy cordial a Yessenia por el gran apoyo moral, sus palabras de motivación y ayudándome hasta donde sus alcances la permitieran, simplemente una mujer maravillosa.

*Jhonnatan*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios quien ha estado conmigo todo este tiempo guiándome, protegiéndome y dándome fuerzas durante todo este proceso. Agradezco a toda mi Familia quienes han sido el motor durante toda mi trayectoria como estudiante, que gracias a sus consejos que me han ayudado a construirme mejor como persona, gracias a su apoyo en todas las cosas que he necesitado y por siempre estar dispuestos a guiarme para tomar las mejores decisiones en mi vida. Agradezco a todos mis Profesores quienes con su paciencia y perseverancia me han ayudado a forjarme como profesional. Finalmente quiero agradecer a esta noble institución la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Escuela de Ingeniería Automotriz por darme la oportunidad de construirme como profesional dentro de sus aulas.

*Abel*

Primordialmente agradezco a mi Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida, a cada uno de mis familiares por el gran apoyo que me han brindado durante todo el trayecto de mi carrera y especialmente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme aceptado ser parte de ella y abriendo las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día. Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

*Jhonnatan*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	6
1.2. Planteamiento, formulación y delimitación del problema.....	6
1.3. Justificación.....	7
1.4. Ojetivos.....	10
1.5. Hipótesis.....	11
1.6. Alcance.....	11
1.6.1. <i>Bomba Calorimétrica</i> .....	11
1.6.2 <i>Calorimetría</i> .....	12
1.6.2.1. <i>Poder calorífico</i> .....	12
1.7. Combustión .....	13
1.8. Oxígeno .....	13
1.8.1. <i>Lubricante</i> .....	13
1.8.2. <i>Viscosidad</i> .....	13
1.8.3. <i>Índice de Viscosidad</i> .....	14
1.8.4. <i>Factores que afectan a la viscosidad</i> .....	14
1.8.4.1. <i>Temperatura</i> .....	14
1.8.4.2. <i>Sustancias Extrañas</i> .....	14
1.8.5. <i>Punto de inflamación</i> .....	14
1.8.9. <i>Punto de fluidez</i> .....	14
1.8.10. <i>Refrigeración</i> .....	15
_Toc98184821	
1.8.11. <i>Limpieza y eliminación de partículas</i> .....	15
1.8.12. <i>Protección contra la corrosión y herrumbre</i> .....	15
1.8.14. <i>Clasificación de aceites lubricante</i> .....	15



1.8.13. <i>Efecto sellante</i> .....	15
1.7. Estado del arte.....	17
1.7.1. <i>Bomba calorimétrica</i> .....	21

## CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	26
2.1. Método de investigación.....	27
2.2. Metodología empírica.....	27
2.3. Metodología cuantitativa.....	27
2.4. Análisis de variables de estudio.....	28
2.4.1. <i>Convenio con propietarios de los Vehículos seleccionados</i> .....	28
2.4.2. <i>Información detallada de cada uno de los vehículos</i> .....	29
2.4.3. <i>Equipos y materiales</i> .....	31
2.4.4. <i>Diseño de probetas</i> .....	31
2.4.5. <i>Muestras</i> .....	31
2.4.6. <i>Método estadístico</i> .....	32
2.4.7. <i>Variables experimentales</i> .....	32
2.4.8. <i>Recolección de muestras</i> .....	32
2.4.9. <i>Análisis de toma de muestras recolectadas</i> .....	32
2.4.10. <i>Interpretación de datos</i> .....	32
2.5. Método de investigación.....	26
2.6. Metodología empírica.....	27
2.7. Metodología cuantitativa.....	27
2.8. Análisis de variables de estudio.....	28
2.9. Método estadístico.....	32
2.10. Análisis y comparativa de Variables. (NORMATIVA ISO).....	33
2.11. Estudio de mercado.....	37

## CAPÍTULO III

3. PROTOCOLO DE MUESTRO PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	47
3.1. Protocolos de muestreo.....	47
3.2. Toma de muestreo del aceite lubricante.....	48
3.3. Recipiente de almacenamiento.....	49
3.4. Identificación de la muestra de aceite.....	49
3.5. Estandarización del muestreo.....	50

3.5.1. <i>Etiqueta de muestras</i> .....	50
3.5.2. <i>Colocación de succión de la muestra</i> .....	50
3.5.3. <i>Medición distancia de varilla medidora de aceite</i> .....	51
3.5.4. <i>Obtención de longitud real de corte</i> .....	51
3.5.5. <i>Extracción</i> .....	51
3.6. <b>Implementación de equipos especializados</b> .....	52
3.6.1 <i>Fluidscan</i> .....	52
3.6.2. <i>Densímetro DMA 35</i> .....	53
3.6.3. <i>Bomba calorimétrica GDY-1ª</i> .....	54
3.6.3.1. <i>Metodología de utilización de la bomba calorimétrica</i> .....	55
3.6.3.2. <i>Cálculos para la obtención del poder calorífico de la muestra previa</i> .....	55
3.6.4 <i>Análisis y discusión de Resultados</i> .....	63
3.6.5 <i>Bomba Calorimétrica</i> .....	63
3.7. <b>Análisis y discusión de Resultados</b> .....	63
3.7.2 <i>Fluidscan</i> .....	65
3.7.2.1. <i>Aglomeración de aditivos</i> .....	67
3.7.2.2. <i>Integridad Fluida</i> .....	68
3.7.2.3. <i>Glicol</i> .....	69
3.7.2.4. <i>Nitración</i> .....	70
3.7.2.5. <i>Oxidación</i> .....	71
3.7.2.6. <i>Hollín</i> .....	72
3.7.2.7. <i>TBN</i> .....	73
3.7.2.8. <i>Presencia de agua en el aceite</i> .....	74
3.7.3 <i>Densidad en el equipo DMA 35</i> .....	75
<b>CONCLUSIONES</b> .....	79
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	81
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Grado de viscosidad del aceite (SAE).....	16
<b>Tabla 2-1:</b>	Grado de Viscosidad de aceite (API).....	17
<b>Tabla 3-1:</b>	Causas y efectos del aceite de lubricación usado .....	25
<b>Tabla 1-2:</b>	Seguimiento de datos de muestras solicitadas.....	33
<b>Tabla 2-2:</b>	Grado de viscosidad del aceite.....	34
<b>Tabla 3-2:</b>	Propiedades típicas del aceite Kendall 20W50.....	36
<b>Tabla 4-2:</b>	Nivel de confianza .....	38
<b>Tabla 5-2:</b>	Calculo del Tamaño de la Muestra.....	38
<b>Tabla 6-2:</b>	Resultados obtenidos de la Pregunta 1 .....	40
<b>Tabla 7-2:</b>	Resultados obtenidos de la Pregunta 2 .....	41
<b>Tabla 8-2:</b>	Resultados obtenidos de la Pregunta 3 .....	42
<b>Tabla 9-2:</b>	Resultados obtenidos de la Pregunta 4.....	43
<b>Tabla 10-2:</b>	Resultados obtenidos de la Pregunta 5 .....	44
<b>Tabla 11-2:</b>	Resultados obtenidos de la Pregunta 6.....	45
<b>Tabla 12-2:</b>	Resultados obtenidos de la Pregunta 7 .....	46
<b>Tabla 1-3:</b>	Especificaciones de la bomba calorimétrica.....	55
<b>Tabla 2-3:</b>	Resultados de los análisis del aceite con la bomba calorimétrica.....	63
<b>Tabla 3-3:</b>	Valores del aceite KENDALL 20W50 NISSAN SENTRA .....	65
<b>Tabla 4-3:</b>	Valores del aceite KENDALL 20W50 KIA RIO XCITTE .....	66
<b>Tabla 5-3:</b>	Valores del aceite KENDALL 20W50 HYUNDAI ATOS .....	66
<b>Tabla 6-3:</b>	Resultados de la densidad del aceite KENDALL SAE 20W50.....	76

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Dueño y vehículo Hyundai Atos 2008.....	29
<b>Figura 2-2:</b>	Dueño y Vehículo Kia Rio Xcitte 2012.....	30
<b>Figura 3-2:</b>	Dueño y Vehículo Nissan Sentra 2010 .....	30
<b>Figura 4-2:</b>	Variante de un Hyundai Accent 2011 .....	35
<b>Figura 5-2:</b>	Viscosidad Nissan Sentra 212. Aceite kendall 20W50 0k .....	35
<b>Figura 6-2:</b>	Mapa geográfico de la ciudad de Riobamba.....	39
<b>Figura 1-3:</b>	Material para la toma de muestra de aceite.....	47
<b>Figura 2-3:</b>	Muestreo puesto a prueba.....	48
<b>Figura 3-3:</b>	Proceso de toma de muestras.....	48
<b>Figura 4-3:</b>	Recipiente de recolección de la muestra.....	49
<b>Figura 5-3:</b>	Etiquetado de muestreo .....	50
<b>Figura 6-3:</b>	Retirar la varilla de medición de aceite del motor. ....	50
<b>Figura 7-3:</b>	Medición de la varilla medidora de nivel de aceite.....	51
<b>Figura 8-3:</b>	Toma de medidas de la manguera .....	51
<b>Figura 9-3:</b>	Introducción de la manguera por el conducto de la varilla del nivel.....	52
<b>Figura 10-3:</b>	Datos obtenidos mediante el analizador Fluidscan .....	52
<b>Figura 11-3:</b>	Densímetro DMA 35 para medid la densidad del aceite.....	53
<b>Figura 12-3:</b>	Bomba de Calor GDY-A1 .....	54
<b>Figura 13-3:</b>	Se calibra correctamente el UPS .....	56
<b>Figura 14-3:</b>	Se coloca agua en la bomba de calor. ....	56
<b>Figura 15-3:</b>	Se pesa la muestra en la balanza eléctrica. ....	57
<b>Figura 16-3:</b>	Se coloca agua sobre el reservorio.....	57
<b>Figura 17-3:</b>	Se le coloca la muestra en la base de encendido.....	58
<b>Figura 18-3:</b>	Se le coloca agua en el envase tipo rosca. ....	58
<b>Figura 19-3:</b>	Se le coloca oxígeno en el envase tipo rosca. ....	59
<b>Figura 20-3:</b>	Se le introduce el envase tipo rosca en el reservorio.....	59
<b>Figura 21-3:</b>	Se enciende la bomba de calor. ....	60
<b>Figura 22-3:</b>	Toma de datos. ....	60
<b>Figura 23-3:</b>	Purga de oxígeno.....	61
<b>Figura 24-3:</b>	Resultados de la Combustión. ....	61

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1-2:</b>	Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 1 .....	40
<b>Grafico 2-2:</b>	Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 2.....	41
<b>Grafico 3-2:</b>	Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 3.....	42
<b>Grafico 4-2:</b>	Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 4.....	43
<b>Grafico 5-2:</b>	Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 5.....	44
<b>Grafico 6-2:</b>	Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 6.....	45
<b>Grafico 7-2:</b>	Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 7.....	46
<b>Grafico 1-3:</b>	Poder calorífico de los tres vehículos.....	64
<b>Grafico 2-3:</b>	Aglomeración de aditivos.....	67
<b>Grafico 3-3:</b>	Porcentaje de Integridad fluida.....	68
<b>Grafico 4-3:</b>	Porcentaje de glicol del aceite Kendall 20W50.....	69
<b>Grafico 5-3:</b>	Nitración de cada uno de los vehículos.....	70
<b>Grafico 6-3:</b>	Oxidación vehicular.....	71
<b>Grafico 7-3:</b>	Presencia de hollín en el aceite.....	72
<b>Grafico 8-3:</b>	Número básico total vehicular.....	73
<b>Grafico 9-3:</b>	Presencia de agua en el aceite.....	75
<b>Grafico 10-3:</b>	Densidad vehicular mediante toma de datos por el dispositivo DMA 35.....	77

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MUESTRA DE ACEITE YA EXTRAÍDA

**ANEXO B:** PROPIETARIO DEL VEHÍCULO HYUDAI ATOS 2008

**ANEXO C:** PROPIETARIO DEL VEHÍCULO KIA RIO XCITE 2012

**ANEXO D:** PROPIETARIO DEL VEHÍCULO NISSAN SENTRA 2010 V3

**ANEXO E:** TOMA DE DATOS DEL KILOMETRAJE DEL VEHÍCULO NISSAN SENTRA  
2010

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo el análisis del poder calorífico y las propiedades internas del aceite SAE 20W50 para motores de combustión interna utilizados en la ciudad de Riobamba, la prueba se realizó durante la degradación del aceite mediante la simulación y utilización de una bomba calorimétrica, de esta manera nos brindó la oportunidad de conocer y estudiar el comportamiento del aceite mediante un estudio investigativo basado en las normas SAE. Se realizó varias encuestas entre los socios de las diferentes cooperativas de taxis con la finalidad de recopilar información y sobre todo poder saber que marca y tipo de aceite es el que más utilizan para sus vehículos, como resultado se obtuvo que el aceite SAE 20W50 en la marca KENDALL es el más cotizado para sus vehículos. Se recogió muestras pertinentes de tres taxis bajo el uso del aceite SAE 20W50 cada 500 km. y se realizó el estudio propuesto de las propiedades internas del aceite según su kilometraje. Se analizó la variación del poder calorífico del aceite, durante la degradación en condiciones normales dentro del motor mediante la ayuda de la bomba calorimétrica y el análisis en equipos de laboratorio. Finalmente, se realizó la interpretación de resultados del poder calorífico y propiedades internas de cada muestra. Como conclusión tenemos que la interpretación y comparativa de cada una de las propiedades internas fundamentales de las muestras de aceite durante la degradación del mismo, como el aumento del poder calorífico del aceite dentro del motor se enmarcó de una manera satisfactoria, pues se notó que, al aumentar el kilometraje de recorrido este presentaba una variación en sus valores con respecto a su valor nominal de inicio. Se recomienda realizar periódicamente revisiones del vehículo tanto predictivas como correctivas para evitar inconvenientes con el funcionamiento del motor de combustión interna.

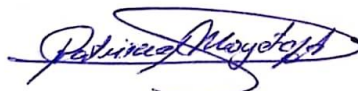
**Palabras clave:** < ACEITE SAE 20W50 >, < PODER CALORÍFICO >, < BOMBA DE CALOR >, < DEGRADACIÓN DEL ACEITE >, < MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA >, < PROPIEDADES DEL ACEITE >.



## SUMMARY

This study aimed to analyze the calorific power and the internal properties of SAE 20W50 oil for internal combustion engines used in Riobamba city. The test was carried out during the oil degradation through the simulation and use of a bomb calorimeter. In this way, it provided the opportunity to know and study the behavior of the oil through an investigative study based on SAE standards. It was carried out several surveys among the members of the different taxi cooperatives to collect information, and primarily to know what brand and type of oil they use the most for their vehicles. As a result, it was obtained that the SAE 20W50 oil of the KENDALL brand is the most valued for its vehicles. Relevant samples were collected from three taxis using SAE 20W50 oil every 500 km. And the study of the internal properties of the oil was carried out according to its mileage. The variation of the calorific value of oil was analyzed during the degradation under normal conditions inside the engine, employing the bomb calorimeter and the analysis with laboratory equipment. Finally, the interpretation of the results of the calorific value and internal properties of each sample was carried out. It is concluded that the interpretation and comparison of each of the fundamental internal properties of the oil samples during its degradation, such as the increase in the calorific value of the oil inside the engine, was framed satisfactorily. Well, it was noticed that, when the mileage was increased, it presented a variation in its values concerning its initial nominal value. It is recommended to periodically carry out both predictive and corrective vehicle checks to avoid problems with the operation of the internal combustion engine.

Keywords: <CALORIFIC VALUE> <HEAT PUMP> <OIL DEGRADATION> <INTERNAL COMBUSTION ENGINE> <OIL PROPERTIES>.



**Lcda. Patricia Pilar Moyota Amaguaya Mgs.**

**C.C. 06036101-3**



## INTRODUCCIÓN

Desde el nacimiento del motor de 4 tiempos por sus creadores Nikolaus August Otto y Eugen Langen en 1876 (Montero, 2016). Se ha implementado muchas innovaciones en cuando al sistema de lubricación y refrigeración del motor de combustión interna, de igual manera mejoras en las propiedades de los aceites utilizados para la lubricación de elementos fijos y móviles del vehículo que dan como resultado un mejor rendimiento del motor (Morocho y Puentestar, 2020). El presente proyecto investigativo de integración curricular se realizó en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, y se basa en el análisis de las propiedades internas del aceite lubricante KENDALL SAE 20W50 durante su degradación en el motor de combustión interna, con ayuda de una bomba de calor se determinará el estado de sus propiedades, tales como: Poder Calorífico, el índice de viscosidad, densidad, conductividad térmica, detergente lubricante, punto de inflamación, aditivos que se añaden de acuerdo a las condiciones de operación. Con estos antecedentes se puede determinar el origen y efectos del desgaste. Cabe recalcar que para el funcionamiento del vehículo es necesario del uso de lubricantes en cada uno de los sistemas móviles de los que se encuentre constituido, se considera que un automóvil usa al menos de 4 litros de aceite para su funcionamiento. Además, se introduce el uso del análisis del lubricante utilizado en los 5.000 km. de recorrido como ventaja en el mantenimiento de componentes mecánicos, ya que da una advertencia a los problemas que puedan surgir mientras el motor se encuentra trabajando con dicho aceite. El estudio de las propiedades del aceite lubricante es considerado como un método de mantenimiento preventivo que evita reparaciones no programadas en motores de combustión interna. Las pruebas realizadas con la bomba calorimétrica durante la degradación en el motor de combustión interna es una técnica que permite saber qué está ocurriendo al interior del motor, ayudando a detectar rápidamente incertidumbres de desgaste de los componentes del motor, así como la contaminación y degradación del aceite lubricante. De igual manera existen diversos métodos, entre ellos, basado en el análisis de laboratorio de aceite lubricante que se emplea con rigurosidad científica. Su principal ventaja es ayudar a prevenir fallas, incrementa la vida útil del motor, reduce los costos de inventario, mejora la disposición de los motores y ayuda con el control de emisiones de los gases de escape que son evacuados hacia el medio ambiente, disminuyendo la contaminación del aire.

El proyecto consiste en seleccionar el proceso de recolección de 10 ml directamente del cárter cada 500 km de recorrido desde el inicio del cambio de aceite hasta la culminación del tiempo de vida del aceite de lubricación, dando una total de 10 muestras, para posteriormente realizar el

análisis del aceite mediante el uso de una bomba calorimétrica, el estudio consiste en introducir la muestra de aceite dentro de la bomba de calor y a través de este podemos observar y analizar la pérdida de propiedades tales como: el poder calorífico, densidad, el índice de viscosidad, conductividad térmica, punto de inflamabilidad, etc. Es importante y significativo tomar acciones enfocadas al manejo de desechos peligrosos, tanto al medio ambiente como para la humanidad, ya que al generar aceite usado estamos cumpliendo con la regla ecológica de las 3R, como son: Reducir, Reutilizar y Reciclar, a la vez ser un ejemplo para la sociedad al ser los primeros en la provincia al realizar el análisis de un aceite bajo la normativa SAE de marca ecuatoriana.

La bomba calorimétrica consta de un calorímetro, un recipiente calorímetro, una camisa de agua con doble pared exterior, una unidad de control para encender / apagar, el agitador y el dispositivo de encendido, un termómetro de precisión y una unidad de carga con manómetro para facilitar la carga del calorímetro de oxígeno. La bomba calorimétrica es un recipiente de acero inoxidable que puede soportar una alta presión. Está sellada gracias a un cierre de rosca. La bomba se llena de gas (oxígeno) a través de la válvula de llenado. Se introduce la bomba en un recipiente calorimétrico de acero inoxidable lleno de agua mientras se coloca en una camisa de agua de doble pared (Morochó y Puentestar, 2020). La varilla del calorímetro sostiene el crisol de metal. La bomba calorimétrica que contiene la muestra de combustible que se va a quemar está sellada porque la válvula de combustible y la tapa se pueden cerrar. La combustión comienza con el flujo de corriente a través de los terminales aislados y la varilla conectada eléctricamente a la cubierta superior, y el alambre delgado se calienta instantáneamente (Rela, 2010, p. 53). Un agitador accionado por un pequeño motor remueve automáticamente el agua en el recipiente calórico. La parte superior de la doble capa se cierra con una tapa con agujeros. Un termómetro de precisión utilizado para medir la temperatura del calorímetro pasará por uno de estos orificios. Los otros agujeros se utilizan para sujetar la camisa a la tapa. Nuevamente, uno de estos orificios se usa para insertar un cable que suministra corriente a la varilla (Silva, et al., 2017, p. 136). El equipo incluye una unidad de control, que enciende y apaga el agitador, un dispositivo de encendido mediante el calentamiento del alambre y una unidad de carga con manómetro para facilitar la oxigenación del calorímetro. De acuerdo a los datos generados por el Instituto nacional de estadísticas y Censos (INEC), la ciudad de Riobamba cuenta con un aproximado de 60000 vehículos, los mismos que generan un promedio de 28168 galones por mes de aceites usados, esta cifra es alarmante ya que anualmente se formaría aproximadamente 338016 galones de residuos (Padilla et al., 2018).

La degradación del aceite se puede definir como el transcurso en el que el aceite lubricante va perdiendo sus propiedades físicas y químicas y sus capacidades para cumplir con el desempeño para el que fue elaborado. Estas funciones es las de proteger, lubricar, sellar, refrigerar y limpiar. Cuando se habla de degradación, se dice desde cuando se abrió el envase que aloja al lubricante, debido a que el instante de la apertura, pequeñas partículas de aire ingresan al envase comenzando así a oxidarse el aceite, y a su vez el principio de degradación del lubricante (Ayala, 2018).

Dentro del aceite lubricante automotriz contiene una variedad de sustancias extrañas al mismo, que causan su impureza y con ello una incorrecta lubricación para el cual fue fabricado. Una de las principales causas que existan impurezas o contaminantes en el aceite, es debido a que en el momento de su fabricación hayan quedado pequeñas partes de partículas y residuos presentes en las piezas o durante el mecanizado del mismo. O puede haber ocurrido también una contaminación tanto interna como externa dependiendo del entorno en el que se encuentre (Padilla-Padilla et al., 2018). El aceite usado en el campo automotriz tiene un efecto peligroso y terminal para el ambiente y la salud del ser humano, debido a que por la consistencia que este tiene provoca una serie de inconvenientes en los distintos medios donde es vertido o derramado, causando así una alteración total del entorno al cual se encuentra afectando. Este aceite usado al ser expuesto completamente a la luz solar y al aire es capaz de emitir una gran cantidad de compuestos tóxicos, como lo son el Plomo (Pb), Zinc (Zn), y cromo (Cr) (Ayala, 2018). El aceite al ser derramado en la tierra, provoca infertilidad en el suelo debido a que el aceite usado contiene hidrocarburos que producen la muerte del suelo y transforma la vegetación en inerte, además, al ser derramado sobre el suelo causa un efecto nocivo en el medio ambiente, pues tiene la capacidad de expandirse rápidamente, lo que ocasiona la formación de un film que no permite el ingreso de oxígeno, lo que conlleva a lo que hoy en día se conoce como suelos infértiles o pocos productivos (Ayala, 2018) Si el aceite usado se quema, solo o mezclado con el FUEL-OIL, sin un tratamiento y control adecuado origina importantes problemas de contaminación y emite gases muy tóxicos. De esta manera cinco litros de aceite quemados contaminan con plomo y otras sustancias nocivas, 1.000.000 m<sup>3</sup> de aire, que es la cantidad de aire respirada por una persona durante tres años (Silva et al., 2017). Los diversos efectos que ocasionan en el campo Automotriz el verter aceite usado en el agua, ya sea de forma directa en ríos o por medio de vías de alcantarillado, produce que el aceite concentre demasiado en la superficie de estos ríos formando una capa impenetrable de oxígeno que causa la muerte de seres vivos. Por otro lado, al analizar el aceite utilizado en el campo automotriz se sabe que este contiene ciertas partículas que en combinación con el agua puede fácilmente disolverse y filtrarse en las profundidades de los suelos acuáticos, con lo cual viene a causar la muerte de la flora y fauna de ríos, mares y océanos al transcurso de los años (Corella Jiménez, 2016).

Situación  
Problemática

La falta de compromiso y dedicación por parte de talleres automotrices, lubricadoras, tecni-centros, de ha generado un incremento en el vertido incontrolado de aceite usado en el sector automotriz en dichos centros ocasionados la muerte de plantas causando malestar en la salud del ser humano y de las personas que residen cerca de esto establecimientos, es así, que nos permitimos la oportunidad de realizar un análisis del aceite SAE 20W50 y la pérdida de sus propiedades en los 5000 Km recorridos en intervalos de 500 Km, es análisis del poder calorífico, la densidad que este pierde, e incluso el nivel de contaminación generado día a día en los motores de combustión interna.

Problema de  
Investigación

El análisis del poder calorífico presente en el aceite SAE 20W50 durante la degradación en el motor de combustión interna se lo realiza para conocer el déficit de propiedades durante varias muestras tomadas del vehículo y ser capaz de cumplir con los requisitos para un buen funcionamiento del motor de combustión interna, es así, en la ciudad de Riobamba se tiene aproximadamente 60000 vehículos los mismos que generan un promedio de 28168 galones por mes de aceites usados, esta cifra es alarmante ya que anualmente se formara aproximadamente 338016 galones de residuos, pues nos genera la incógnita del buen funcionamiento del aceite SAE 20W50 en los vehículos que día a día generan 250 Km/hdiarios.

Formulación

¿Qué beneficios obtenemos al realizar el análisis del poder calorífico y la pérdida de las propiedades del aceite SAE 20W50?

Objetivo de  
estudio

El análisis del aceite SAE 20W50 en el motor de combustión interna hasta el límite de cambio de aceite, es decir, a los 5000 km de recorrido, con la finalidad de conocer en un intervalo de 500 km el poder calorífico, la densidad que este pierde en la combustión, el índice de viscosidad, punto de inflamación, en incluso el nivel de contaminación tanto para el medio ambiente como para el ser humano.

Objetivo  
General

Analizar el poder calorífico presente en el aceite de lubricación SAE 20W50 durante la degradación mediante un estudio experimental con la utilización de la bomba de calor y otros equipos con la finalidad de conocer la variación de sus características internas.

Campo de  
acción

El análisis del poder calorífico y la pérdida de las propiedades fundamentales del aceite SAE 20W50 durante la degradación en intervalos de 500 km de recorrido, posteriores a su cambio de aceite que normalmente se los realiza a los 5.000 km.

## Preguntas Científicas

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas del aceite SAE 20W50 y que lo hace ideal para el uso en motores de combustión interna?
2. ¿En qué circunstancias se encuentra el motor de combustión interna usando el aceite de lubricación SAE 20W50?
3. ¿Qué instrumentos utilizar para realizar el análisis del poder calorífico del aceite SAE 20W50?
4. ¿Qué propiedades se perdieron en el aceite después de la degradación en el motor de combustión interna?
5. ¿Es factible el uso frecuente del aceite SAE 20W50 en motores de combustión interna y su uso en transporte público como por ejemplo un taxi?

## Hipótesis

El poder calorífico o punto de inflamación presente en el aceite SAE 20W50 es lo suficientemente alto para evitar un posible auto encendido del aceite dentro del motor de combustión interna.

## Tareas científicas / Objetivos específicos

1. Fundamentar teóricamente los cambios físicos y químicos presentes en el aceite de lubricación durante la degradación en el motor de combustión interna, mediante un estudio investigativo basado en fuentes secundarias como: revistas, artículos científicos, libros con fuentes confiables basados en estudios puestos a prueba la calidad del aceite bajo las normas SAE con la finalidad de tener un punto referencial de las propiedades del aceite y puestas a un análisis de la presente.
2. Recoger las muestras pertinentes de un vehículo bajo el uso de aceite SAE 20W50 cada 500 km mediante la recolección de 10ml directamente del carter del motor para posteriormente realizar el estudio propuesto de las características internas del aceite según su kilometraje.
3. Analizar la variación del poder calorífico del aceite SAE 20W50, durante la degradación en condiciones normales dentro del motor mediante el análisis en equipos de laboratorio para determinar la variación de sus características.
4. Realizar la interpretación de resultados del poder calorífico y propiedades internas de cada una de las muestras, mediante un estudio comparativo-analítico a cada 500 km recorridos con la finalidad de verificar el estado correcto de las propiedades y la presencia de partículas amenas al aceite al concluir el ciclo de cambio de aceite (5.000 km).

## Categorías

Recursos tecnológicos —aprendizaje organizacional— análisis experimental —metodología analítica— análisis comparativo— modelos científicos.

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO TEORICO REFERENCIAL**

#### **1.1 Planteamiento, formulación y delimitación del problema**

Los aceites utilizados en motores de combustión interna pierden sus propiedades físicas y químicas ya que este soporta grandes temperaturas al ser el único en contacto directo con la explosión de la mezcla aire combustible, es así que el sistema de lubricación es el encargado de formar una pequeña película para evitar desgaste, como también de gran ayuda con el sistema de refrigeración por lo que se encuentra a una temperatura mucho menor. Por este motivo es necesario un análisis del poder calorífico presente en el aceite SAE 20W50 durante la degradación en el motor de combustión interna para posteriormente conocer el déficit de propiedades durante varias muestras tomadas del vehículo y ser capaz de cumplir con los requisitos para un buen funcionamiento del motor de combustión interna.

En Ecuador, el nivel de contaminación por residuos peligrosos, por ejemplo, el aceite utilizado en el ámbito automovilístico, es un tema prudente para el país, y para una de sus zonas urbanas, el cantón de Riobamba. Debido al atractivo de los vehículos, se ha producido una expansión desmedida del aceite lubricante desperdiciado y el desconocimiento de la calidad en cuanto a la pérdida de propiedades del lubricante que sale del motor al finalizar su tiempo de vida. La ausencia de responsabilidad y compromiso con respecto a los talleres automotrices, lubricadoras, tecni-centros y además áreas referentes a este medio en el Ecuador, ha generado un incremento en el vertido incontrolado de aceite usado en el sector automotriz en dichos centros ocasionado la muerte de plantas, causando malestar en la salud del ser humano y de las personas que residen cerca de estos establecimientos.

Con el presente estudio se analizó que la cantidad de contaminantes existentes en el aceite lubricante usado es inferior o igual a los datos que presentan el Manual y si tiende a reutilizarse como combustible o como aporte mecánico, sin prohibición alguna. A pesar de lo que podría esperarse, si hay presencia de sustancias extrañas con cantidades más destacadas que los puntos dados en el Manual, el aceite debe ser fundamentalmente trasladado a un ciclo para disminuir el grado de toxinas en el lubricante. Por último, si hay una alta convergencia de bifenilos policlorados o PCB's, incluso en el límite establecido por el manual, el aceite usado debe ser expuesto a un tratamiento extraordinario de dechlorinación. De acuerdo con la información creada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la ciudad de Riobamba tiene

alrededor de 60.000 vehículos, que producen un normal de 28.168 galones de aceite utilizado cada mes. Esta es una cifra preocupante, ya que anualmente se producirían alrededor de 338.016 galones de residuos (Del Castillo y Orobio, 2020). Finalmente, la mejora de este examen ayudará a las personas que se ocupan en las actividades identificadas con el área de automóviles y que resultado de ello se origine el aceite usado, para darse cuenta del peligro que se presenta para el bienestar humano y el medio ambiente, el déficit de un post-tratamiento de aceite lubricante utilizado, de ellos adoptar las prácticas inventivas que contribuyen decididamente a la minimización de la contaminación.

## **1.2. Justificación**

El presente estudio tiene como finalidad el análisis del poder calorífico y las propiedades internas del aceite SAE 20W50 para motores de combustión interna utilizados en la ciudad de Riobamba, las pruebas se realizó durante la degradación del aceite lubricante mediante la simulación y utilización de una bomba calorimétrica, de esta manera nos brinda la oportunidad de conocer y estudiar el comportamiento del aceite teniendo la utilidad dentro del sistema de refrigeración y lubricación en el instante del encendido de la mezcla aire combustible. El aceite presenta propiedades importantes de los cuales lubrica partes metálicas del motor que de esta manera disminuye en su gran cantidad la fricción de las partes móviles así evitando un desgaste prematuro. La viscosidad de los aceites lubricantes es un elemento fundamental que por lo general es la que determina la capacidad para formar una película lubricante en las superficies durante el movimiento relativo del motor, logrando así minimizar el contacto entre estas. El aceite debe llegar a cada una de las partes que requieren lubricación en un tiempo mínimo, cabe recalcar que un motor con un aceite muy viscoso le costará mayor trabajo para encender, por otro lado el aceite no debe presentar poca viscosidad ya que este se podría infiltrar al interior de la cámara de combustión y quemarse junto con la mezcla aire-combustible así generando un humo azul, un aceite tiene su clasificación 10W30 y es catalogado para el uso en vehículos con menos de 80.000 Km y un 20W50 para motores con mayor kilometraje.

En aceites de lubricación, la viscosidad cambia con la temperatura a la que se presente el motor, cabe recalcar que no todos sufren un cambio de la misma manera. El trabajo ejercido sobre los pistones bien se conoce que la velocidad relativa con la pared del cilindro es cero en el punto muerto inferior (PMI) y en el punto muerto superior (PMS), y es de máxima durante el recorrido. En el instante en que la velocidad del pistón tienda a cero o sea específicamente cero, se dificulta en su mayor cantidad la posibilidad de generar una película lubricante principalmente en las partes en donde tiene una alta posibilidad de desgaste, sobre el punto

muerto superior (PMS) se produce el sistema de encendido conjuntamente al salto de chispa, la cámara de combustión se eleva a grandes temperaturas y es donde disminuye la viscosidad del aceite lubricante. Este fenómeno

se denomina a través de la curva de Stribeck, lo que particularmente nos muestra el paso del régimen de lubricación límite (película delgada) a uno hidrodinámico (película completa de lubricación) (Delgado et al., 2018). Hay dos sistemas estandarizados para determinar las características del lubricante. SAE es más común en Europa, marca el grado de viscosidad del aceite de motor y está clasificado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices. El API fue creado por el Instituto Americano del Petróleo y es más típico del continente americano, determina el tipo de motor para el que se crea y la calidad del lubricante.

SAE: Es responsable de marcar el grado de viscosidad y está determinado por un código. Si es un aceite de motor mono grados, indicará un número: 0, 5, 10, 15, 20, etc. De ser multigrado, SAE indicará el grado de viscosidad en invierno (grado de viscosidad asociado a W, Winter en inglés o invierno en español) y verano, porque este tipo de lubricante puede adaptarse a la temperatura y las necesidades del motor. Por ejemplo, un aceite con SAE 15W-40 tendrá las características de un aceite simple de grado 15 en invierno y tendrá las características de un aceite simple de grado 40 en verano. De hecho, el rango de temperatura es de -20°C a 150°C (Francisco, 2013).

Según menciona, La sociedad de ingenieros Automotrices SAE clasifica a los aceites de acuerdo a la viscosidad del lubricante y los divide en monogrados y multigrados. La característica principal de un lubricante es la viscosidad, que es solo un valor que determina la capacidad del aceite para mantener la estabilidad de la temperatura. Monogrados: este tipo de aceite siempre tiene un grado de viscosidad uniforme y no cambiará durante el invierno o el verano. Multigrado: son los lubricantes más avanzados con un alto rango de viscosidad que varía con la temperatura para brindar la mejor protección al motor en todas las condiciones.

API: Este valor significa dos cosas, si se trata de un lubricante para motores de gasolina (letra S) o diésel (letra C), indica su nivel de calidad. El último valor aumenta a medida que avanza el alfabeto, y actualmente corresponde al nivel máximo con el código SN para los de gasolina y para los Diésel el código CJ-4 (Francisco, 2013).

Uno de los objetivos primordiales del aceite de lubricación en el motor, es la de lubricar, refrigerar y proteger térmicamente la cabeza de los pistones incorporando unos inyectores de aceites, estos inciden por debajo de los pistones, rociando por toda la parte inferior de la cabeza del pistón y de esta manera mejora su refrigeración.



El aceite que es inyectado por debajo de los pistones lo hace en la entrada de una cámara que recorre por el interior de este, de esta manera mejora sensiblemente la transmisión térmica ya que el aceite presenta una menor temperatura que la cabeza del pistón. El movimiento de aceite de los aros y las distintas partes del pistón.

### **1.3.OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Analizar el poder calorífico y propiedades internas presentes en el aceite de lubricación SAE 20W50 durante la degradación, mediante un estudio experimental con la utilización de la bomba de calor y otros equipos con la finalidad de conocer la variación de sus características.

#### **Objetivos específicos**

- Fundamentar teóricamente los cambios físicos y químicos presentes en el aceite de lubricación durante la degradación en el motor de combustión interna, mediante un estudio investigativo basado en fuentes secundarias como: revistas, artículos científicos, libros con fuentes confiables basados en estudios puestos a prueba la calidad del aceite bajo las normas SAE con la finalidad de tener un punto referencial de las propiedades del aceite y puestas a un análisis de la presente.
- Recoger las muestras pertinentes de un vehículo bajo el uso de aceite SAE 20W50 cada 500 km mediante la recolección de 10 ml de aceite utilizando la implementación adecuada de una jeringa de 10 ml y una manguera directamente de la varilla de medición del aceite del motor para posteriormente realizar el estudio propuesto de las características internas del aceite según su kilometraje.
- Analizar la variación del poder calorífico del aceite SAE 20W50, durante la degradación en condiciones normales dentro del motor mediante el análisis en equipos de laboratorio para determinar la variación de sus características.
- Realizar la interpretación de resultados del poder calorífico y propiedades internas de cada una de las muestras, mediante un estudio comparativo-analítico a cada 500 km recorridos con la finalidad de verificar el estado correcto de las propiedades y la presencia de partículas amenas al aceite al concluir el ciclo de cambio de aceite (5.000 km).

#### **1.4. Hipótesis**

(H0). El poder calorífico o punto de inflamación presente en el aceite SAE 20W50 es lo suficientemente alto para evitar un posible auto encendido del aceite dentro del motor de combustión interna.

(H1). El poder calorífico o punto de inflamación presente en el aceite SAE 20W50 NO es lo suficientemente alto para evitar un posible auto encendido del aceite dentro del motor de combustión interna.

#### **1.5. Alcance**

Para el presente Proyecto de investigación previo a la obtención de título de Ingeniero Automotriz se implementó un alcance explicativo/causal pues mediante el análisis del aceite SAE 20W50 durante la degradación en el motor de combustión interna se realizara la explicación de los fenómenos o sucesos que ocurren dentro del aceite de lubricación en condiciones normales, a través de 10 muestras tomadas de cada vehículo puesto a prueba y con la ayuda de una bomba de calor o calorimétrica, posteriormente se procederá a verificar la hipótesis propuesta anteriormente y proporcionar un sentido de entendimiento del fenómeno a que hace referencia. Realizar el control de calidad del aceite antes del tratamiento para verificar la composición y concentración de los contaminantes, de acuerdo con los resultados se puede asegurar si el aceite es apto para el proceso, tomar una muestra de aceite cada 500 km recorridos para su análisis en el laboratorio. El muestreo, la preparación, el análisis de laboratorio, la elaboración de informes y el registro se llevan a cabo de acuerdo con los parámetros determinados por las normas SAE. Comprobar si el poder calorífico, la densidad y la viscosidad del aceite se modificó, aumento o disminuyo a medida que el recorrido del kilometraje fue aumentando.

##### **1.6.1 Bomba Calorimétrica**

La bomba calorimétrica es un dispositivo adecuado para la medición del poder calorífico en combustibles y aceites de lubricación, tiene su medición en donde implica la reacción de la combustión con oxígeno (O<sub>2</sub>) en un recipiente hermético y/o sellado, inmerso en un calorímetro de agua. Generalmente es un dispositivo que se utiliza en materiales que requieren ser calentadas con la finalidad de extraer calor de una fuente fría para entregarlo en una fuente cálida. *“el funcionamiento de una bomba de calor es, por consiguiente, el de una maquina térmica invertida”* (Perez Cotrina, 2017). Normalmente la bomba calorimétrica se carga de la

muestra de aceite y con oxígeno a alta presión, garantiza la combustión completa previo al análisis de su poder calorífico.

*“El aumento de temperatura en el calorimétrico de agua se determina para medir la transferencia de calor desde el sistema reactivo durante toda la combustión”* (Beltrán y Guerrero, 2018). La masa del combustible y la cantidad de agua empleada en el calorimétrico se elige de manera que la temperatura del agua se eleve unos cuantos grados (aproximadamente 3 a 4°), para la mayoría de reactantes (lubricante) la diferencia entre la entalpia de combustión y la energía interna de la combustión es pequeña, así, la bomba calorimétrica proporciona también una medida aproximada de la entalpia de combustión (Beltrán y Guerrero, 2018).

### **1.6.2 Calorimetría**

Es la parte de la física que se encarga de medir la cantidad de calor perdido en varios procesos físicos y químicos mediante una reacción de combustión.

#### *1.6.2.1 Poder calorífico*

A continuación, se presentará algunas definiciones del poder calorífico.

*“El poder calorífico de un combustible en la transferencia de calor (por mol unitario o por masa unitaria) que ocurre en la combustión completa del combustible en aire en el estado de valor promedio estándar de 25° Centígrados y 1 atmosfera”* (Beltrán y Guerrero, 2018).

$$\text{Poder calorífico (PC)} = -\Delta hc \quad (1)$$

*“El poder calorífico (PC) del combustible y/o aceite lubricante de motor representa la cantidad de energía liberada en forma de calor cuando una masa unitaria de combustible y/o aceite se reactiva producto de la combustión”* (Beltrán y Guerrero, 2018).

*“La cantidad de calor liberado cuando una unidad de combustible se quema dentro de la cámara por completo este se considera como un proceso de flujo estacionario y los productos vuelven al estado de los reactivos. En otras palabras, el poder calorífico de un combustible es igual al valor absoluto de la entalpia de combustión”* (Beltrán y Guerrero, 2018).

$$\text{Poder calorífico} = |Hc| \text{ (kj/kg)} \quad (2)$$

Cantidad de calor liberado en el instante de la combustión, se quema por completo una unidad de combustible y/o aceite lubricante, y los reactivos que genera la mezcla aire-combustible se enfrían a la temperatura ambiente (Beltrán y Guerrero, 2018).

## **1.7 Combustión**

La combustión es un conjunto de reacciones de oxidación con expulsión de calor, que se produce entre dos elementos, como por ejemplo el combustible y un líquido como gasóleo. La combustión varía de distintos procesos de oxidación lenta, este se determina por ser un proceso de oxidación rápida y con presencia de fuego, a su vez también se diferencia de varios procesos de oxidación muy rápida. El principio de activación se denomina como proceso reversible y se define como: *“Aquel para el cual se puede idear un proceso que devuelva al sistema a sus alrededores a sus condiciones iniciales”* (Gómez Estrada, 2013).

## **1.8 Oxígeno**

El oxígeno es un componente de importancia de la química orgánica a formar parte del agua, de los óxidos, de los seres vivos y prácticamente de todos los ácidos y sustancias orgánicas. Se trata de un gas incoloro, sin olor e insípido que es muy reactivo y que resulta esencial en la presencia del ser humano (Beltrán y Guerrero, 2018).

### **1.8.1 Lubricante**

*“El aceite de lubricación es aquel que tiene por objetivo reducir el rozamiento entre dos superficies en movimiento, y principalmente es producido por destilación del petróleo”* (Buchelli Carpio y García Granizo, 2015). Los aceites utilizados en motores de combustión interna deben cumplir con propiedades de lubricación que permitan un correcto desempeño del motor. Los aceites lubricantes son líquidos de una gran viscosidad utilizados para la lubricación de una máquina o motor, la composición de estos productos es prácticamente imposible de definir y aún lo es más en los obtenidos sintéticamente lo que principalmente son combinaciones de anillos ciclánicos con largas cadenas laterales (Camargo, 2017).

### **1.8.2 Viscosidad**

La viscosidad es la resistencia de fluir que presenta un fluido, es una medida de fricción interna del fluido que actúa en oposición al movimiento de sus moléculas, al ejercerse sobre ellas una tensión de cizallamiento. La viscosidad del aceite determina el espesor de una película lubricante que se forma entre dos piezas en contacto. *“la viscosidad es inversamente*

*proporcional a su variación de temperatura*”(Camargo, 2017), es decir si aumenta su temperatura menor será la viscosidad. Un aceite liviano es mucho menos resistente a fluir, por su baja viscosidad, por el contrario, un aceite con una viscosidad elevada es más resistente a fluir.

El índice de viscosidad es la magnitud que mide la mayor o menos variación que sufre la viscosidad de un aceite al modificarse su temperatura.

#### **1.8.4 Factores que afectan a la viscosidad**

La viscosidad de un lubricante no es posible que permanezca constante, se afecta por diversos factores:

*1.8.4.1 Temperatura:* Cuando aumenta la temperatura del aceite, la viscosidad disminuye ya que sus moléculas adquieren mayor movilidad y su cohesión disminuye. *“La viscosidad aumenta cuando la temperatura disminuye”*(Camargo, 2017).

*1.8.4.2 Sustancias Extrañas:* Mientras el aceite actúa como lubricante, se ve expuesto a sustancias extrañas que acaban afectándole, modificando sus características, esta modificación será permanente y progresiva. La viscosidad de un aceite puede disminuir a causa de la baja calidad del mismo debido a disolución de otras sustancias, a su vez, puede también aumentar debido a la baja calidad, poco aditivos, acumulación de contaminantes y oxidación; esto con lleva a una degradación del lubricante. Es más frecuente una pérdida de viscosidad que un incremento (Camargo, 2017).

#### **1.8.5 Punto de inflamación**

*El punto de inflamación de un aceite lo determina la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos por un aceite se inflaman en presencia de una chispa que va saltando casi de un modo continuo* (Camargo, 2017).

*“El punto de fluidez en la temperatura mínima a la que fluye el aceite por los circuitos del sistema de lubricación”*(Camargo, 2017). Cuando un óleo se encuentra a bajas temperaturas se vuelve mucho más viscoso que de lo normal, por la misma razón es la que tiene una elevada resistencia interna a fluir, esto dificulta su función lubricante.

### **1.8.10 Refrigeración**

*“El aceite contribuye a mantener el equilibrio térmico del motor de combustión interna, disipando el calor que se produce en su interior como consecuencia de la fricción, la combustión, etc”* (Camargo, 2017). Esta función es especialmente importante en aquellos casos en que no exista un sistema expreso de refrigeración, o este no alcance a determinados componentes del motor desde los que efectivamente se elimina calor a través del aceite. Este puede disipar entre un 10% y un 25% de calor que debe ser eliminado en un motor de combustión interna.

### **1.8.11 Limpieza y eliminación de partículas**

En los motores de combustión interna se producen impurezas de toda clase, por el mismo proceso de funcionamiento, partículas procedentes de desgaste o corrosión y contaminantes exteriores (agua, polvo, partículas de lana, etc.), el lubricante en circulación ayuda a eliminar esas impurezas, al ser capaz de mantenerlas en suspensión y llevarlas hasta los elementos filtrantes apropiados. Esta acción es fundamental para conseguir que las partículas existentes no se depositen al interior del cárter, no aceleren un desgaste prematuro y mucho menos atascar conductos de lubricación (Pozo et al., 2014).

Los aceites de lubricación tienen propiedades anticorrosivas y anti desgaste naturales, que pueden ser mejoradas con aditivos específicos para preservar las propiedades de los metales y aleaciones que conforman las piezas y estructuras de los equipos (Esquivel, 2017, párr. 15).

### **1.8.13 Efecto sellante**

El aceite lubricante en los equipos satisface la necesidad de sellar zonas, en donde no existan fugas de otros fluidos o gases, que al ejecutarse disminuye el rendimiento y generan contaminación. La cámara de combustión en los motores de combustión interna es un claro ejemplo donde el aceite lubricante debe cumplir esta función (Sanz, [sin fecha], párrs. 1-5).

### **1.8.14 Clasificación de aceites lubricantes**

Mediante investigaciones realizadas han permitido la fabricación de una enorme variabilidad de lubricantes, de diversas características, lo que ha permitido que los constructores, fabricantes y usuarios, busquen la necesidad de clasificarlos de acuerdo a su naturaleza, composición, aplicación y normas para delimitar su uso (Camargo, 2017).

- Clasificación por la Viscosidad (SAE).

La clasificación SAE fue creada por la Sociedad Norteamericana de Ingenieros Automotrices (Society of Automotive Engineers). Los lubricantes se clasifican atendiendo dos aspectos fundamentales.

Se toma como referencia la consistencia primordial que es la viscosidad del aceite lubricante en función de la temperatura a la que está oprimido durante la actividad motriz, establece una escala numérica de aceites del motor de 10 grados SAE, que comienza en el grado SAE 0, indicando la mínima viscosidad de los aceites o de su máxima fluidez.

En el primer grupo la viscosidad se mide a una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , lo que da una idea de su viscosidad en condiciones de arranque en frío y está dividido en los seis grados SAE siguientes: SAE 0W, SAE 5W, SAE10W, SAE 15W, SAE 20W, Y SAE 25W. la letra W es distintiva de los aceites que se utilizan en invierno y proviene del inglés (Winter). Estos grados indican la temperatura mínima de utilización del aceite conservando su viscosidad para circular bien.

En el segundo grupo la viscosidad se mide a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ , lo que da idea de la fluidez del aceite cuando el motor se encuentra funcionando en caliente. Este grupo se establecen cuatro grados SAE como son: SAE 20, SAE 30, SAE 40, y SAE 50.

**Tabla 1-1:** Grado de viscosidad del aceite (SAE).

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad a baja temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), cP		Viscosidades en alta temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		
	Max. arranque	Max. De bombeo (sin esfuerzo)	Cinemática (cSt) a $100^{\circ}\text{C}$	Cinemática (cSt) a $100^{\circ}\text{C}$	Alta tasa de corte (cP) a $150^{\circ}\text{C}$ D4683, D4741
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8	-	
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8	-	--
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1	-	-
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6	-	-
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6	-	-
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	< 12,5	2,9
40	-		12,5	< 16,3	3,5 (0W-40,



					5W-40, 10W40)
40	-	--	12,5	< 16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W- 40,40)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

Fuente: (Camargo, 2017).

**Tabla 2-1:** Grado de Viscosidad de aceite (API)

CATEGORIAS DE ACEITE API						
	CATEGORIA	PROCESO	AZUFRE%		MOLECULAS SATURADAS	INDICE DE VISCOSIDAD
Mineral	Grupo I	Refinados con solventes	< 0,03	y/o	< 90	80 a 120
	Grupo II	Hidrotratado	< 0,03	y	< 90	80 a 120
	Grupo III	Hidrotratado	< 0,03	y	< 90	< 120
Sintético	Grupo IV	PAO-Polialfaolefina				
	Grupo V	Todos los aceites básicos no incluidos en grupos I, II, III o IV				

Fuente: (Camargo, 2017)

## 1.7 Estado del arte

Esta sección presenta diferentes estudios sobre investigaciones sobre los aceites lubricantes, y comienza con el análisis que caracteriza el aceite a través de las circunstancias óptimas del aceite que señala su viabilidad para su uso en motores de combustión interna (García, 2019, pp. 13-14). Actualmente, la calidad es el factor primordial en la gestión de cualquier empresa o producto. Los precios de los productos se han vuelto cada vez más relevantes y factores como la calidad se han convertido en factores decisivos. Calidad es un término muy diverso, que significa valor, excelencia o superioridad, o simplemente cumplir condiciones o requisitos, aplicables a materiales, procesos y productos. El aceite de motor es fundamental para el correcto funcionamiento del motor, su función principal es mantener lubricadas las partes móviles y protegerlas de la corrosión. El aceite lubricante utilizado en el motor debe cumplir con los requisitos de calidad para evitar la formación de lodos, goma, barniz y espuma, mientras mantiene un índice de viscosidad relativamente estable en un amplio rango de temperatura para evitar la oxidación y corrosión de los componentes de contacto.

En Ecuador, la tasa de crecimiento del parque automotor ha aumentado del 7% al 10% anual, lo que ha presionado a los concesionarios para que amplíen sus locales comerciales y atiendan la creciente demanda de mantenimientos (Robles, 2012, p. 38), que, al cambiar y usar aceite lubricante, causará contaminación en el piso. La investigación sobre las características internas del aceite lubricante y su

evaluación energética se basa en el sistema de combustión térmica de la industria cementera ecuatoriana. (Ayala, 2018) mencionó que, en Ecuador, aproximadamente 63.000 - 64.000 kg/año de aceite base se utilizan para diversas Industrias Económicas, se recolectan 61.736 kg/año de aceite lubricante usado, el 16% de los cuales son manejados por personal gerencial autorizado, lo que demuestra que la gestión técnica y ambiental es insuficiente. El propósito de este estudio es evaluar las características del potencial energético de este residuo peligroso como combustible en hornos de cemento, para lo cual se analizó una mezcla de 12 aceites usados y combustibles fósiles recolectados de fuentes industriales y automotrices. En Riobamba, la capacidad calorífica del combustible se determina y se compara con los requisitos de la normativa internacional. El análisis de la mezcla se procesa estadísticamente bajo la comparación del método ANOVA y DUNNET, tienen un alto poder calorífico, superior a 9.500 kcal / kg, que es la mejor característica del aprovechamiento energético del sistema de combustión térmica en la industria cementera del Ecuador.

En la industria automotriz, el aceite lubricante se utiliza en grandes cantidades para motores, cajas de cambios y diferenciales. Además de otros elementos como grasas, refrigerantes y otros líquidos utilizados en los automóviles, estos líquidos también se utilizan para realizar diferentes funciones como la lubricación, refrigeración o activación del líquido de frenos y otros mecanismos. Todos los sistemas descritos anteriormente requieren un mantenimiento regular y deben descartar elementos usados, específicamente que nuestro proyecto es referente al aceite, determinar el tratamiento en este líquido, y también revisar la reutilización adecuada (Padilla-Padilla et al., 2018, p. 19). El índice de contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes y comunes que ocurren a nivel mundial. El aceite residual producido por diferentes vehículos asó, como ligeros y pesados, y maquinaria estacionaria utilizada por centrales térmicas, empresas petroleras, etc., representa más del 60% del aceite lubricante consumido (Padilla-Padilla et al., 2018, p. 54), lo que convierte al aceite usado en uno de los residuos contaminantes más ricos producidos.

Los aceites lubricantes utilizados muestran un elevado nivel de toxicidad que conlleva a la contaminación de ecosistemas muchos acuáticos como de tierra (Verónica, 2018, p. 16), diversos investigadores hacen estudios sobre los efectos negativos que provocan con el objetivo de generar lubricantes efectivos y no tóxicos con el medio ambiente. (Norma et al., 2020, pp. 13-19) En nuestra región la generación de desperdicios peligrosos como aceites lubricantes utilizados tienen que ser tratados y entregados a un gestor quien se ocupa de darle el conveniente confinamiento, esto está estipulado en los convenios ministeriales 026, 061, diciendo los lineamientos a continuar, además de obtener el asentimiento del Ministerio de Ambiente del Ecuador por medio del departamento de Calidad Ambiental (Verónica, 2018, p. 28).

En (Del Castillo y Orobio, 2020, p. 22) se hace referencia a que las consecuencias antagónicas para los

asfaltos se atribuyen, en la medida de lo posible, a la penetrabilidad y extensión de la retirada del suelo de la subrasante. En el momento en que el agua atraviesa una masa de tierra, produce diversas consecuencias adversas sobre la misma, puede crear cambios en el peso volumétrico, corrupción de los materiales, desarrollos diferenciales en los suelos de gran alcance, disminución de la presión poderosa y de la resistencia al corte debido a la presión del agua. La filtración asume un papel central en la presentación de las estructuras de asfalto; sea como sea, cuando el agua puede saturar sub grados delgados, se crean cambios en la humedad y variedad en el volumen, perjudicando todo el diseño.

El ritmo de la contaminación natural es quizás el problema más importante y básico, debido a la expansión de la suciedad y los residuos inseguros. Los aceites lubricantes que se utilizan para prevenir el desgates en los vehículos se cambian continuamente porque pierden su espesor y sus propiedades de virtud. Una gota de aceite que es derivado del petróleo puede causar impactos irreversibles en caso de que se deseché en el agua, el suelo o el aire (Corella Jiménez, 2016, p. 54). La conexión entre el espesor de los aceites de automóviles y sus propiedades ópticas como su índice de refracción, absorción y reflexión. Esta convención no es peligrosa, no es intrusiva, es rápida y tiene un gasto mínimo, puede ser una herramienta para diferentes aplicaciones en el diseño y la ciencia.

Según Sangadah (2020) se dirigió un examen sobre dos tipos de promotores de octanaje que se publicitan en Ecuador, esta investigación fue dirigida con pruebas pragmáticas (investigación de gases) e investigación sintética (poder calorífico) para tener la opción de saber sin duda si una sustancia añadida está satisfaciendo la capacidad para la que fue planeada, que es mejorar las propiedades del aceite o combustible según la aplicación para la que fue hecha. Esta tarea se ha llevado a cabo porque existen algunos tipos de sustancias añadidas al combustible que, según sus fabricantes, garantizan una mejor ejecución del motor, mejorando las propiedades del combustible (calorimetría) y disminuyendo las salidas de gases contaminantes al ambiente, por lo que se ha determinado si las sustancias añadidas se ajustan a estas determinaciones dadas por el fabricante, Por lo tanto, se realizaron exámenes compuestos (poder calorífico) con la ayuda de una bomba calorimétrica de la Escuela Politécnica Nacional, se actuaron algunas investigaciones para analizar los resultados y decidir si la utilización de sustancias añadidas en la gasolina extra y super es ventajosa o negativa. Además, se realizaron pruebas de sentido común (investigación de gases) para decidir si la utilización de sustancias añadidas en el combustible ayuda a disminuir la emanación de gases contaminantes en el medio ambiente. Este examen tenía la opción de mostrar el impacto que tienen las sustancias añadidas cuando se mezclan de forma parcial en el combustible.

El poder calorífico es la medida de la energía entregada por unidad de masa durante la ignición de un combustible. Se caracterizan dos calidades caloríficas para los combustibles: El poder calorífico inferior es el poder calorífico cuando el agua resultante de la combustión, se encuentra en estado gaseoso con los elementos de la combustión. El poder calorífico más alto es el poder calorífico cuando el agua resultante de la combustión, es densa en los elementos de la combustión. (Chacón, 2009) en el examen del poder calorífico de un biocombustible y de las mezclas B10, B20 y E5B95 especifica que, La investigación exploratoria se realizó en una bomba calorimétrica normalizado modelo 1341. Los segmentos extra del equipo son: balanza gravimétrica, unidad de arranque, tanque de oxígeno, cronómetro, termómetro, termopar y marco de obtención de información. A través de esta investigación, se puede resolver el límite de calor del biodiésel y de las mezclas utilizadas para decidir la medida de energía entregada por unidad de masa.

La diferencia de aceite utilizado que se hace a los vehículos que van a la administración de cambio de aceite cada 5000 kilómetros y que tienen todos los factores de peligro para la mejora de la contaminación provocando el derrame de aceite utilizado en el suelo donde se forma una mancha tenue, que impide el desarrollo del humus vegetal (Manzanares e Ibarra, 2012, p. 26). Del aceite absoluto creado, el 75% se desecha de forma inadecuada, esencialmente descargándolo en el suelo y en las alcantarillas lo que hace que se vea enormemente afectada, así como un peligro esperado para el río Fuerte que abastece de agua potable a las redes asentadas en su ribera e influyendo obviamente en la naturaleza de las cosechas del valle. Igualmente se distinguió que existe una ausencia de datos de los generadores en cuanto a las pautas naturales.

### **1.7.1 Bomba calorimétrica**

Al utilizar bombas de calor es posible tener fondos de inversión de energía, disminuyendo las emanaciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ya que aprovechan el clima, ya sea tierra, aire o agua, hasta el 75% de la energía utilizada, y sólo el 25% de la energía esperada para hacer funcionar el compresor del sistema (Pérez, 2017, p. 29). En estos años, no sólo se ha mantenido el avance comercial de las bombas de calor, sino también la mejora innovadora de las máquinas, y se han conocido algunas actualizaciones para evitar algunos problemas normales de las máquinas hasta ahora. Las bombas de calor de alta temperatura son máquinas de calor que permiten recuperar la energía desperdiciada que, por regla general, se pierde en el clima sin ser utilizada debido a que su calor es de baja temperatura y no es valioso para la industria. Esto genera un efecto nocivo para el clima y una alta utilización de energía (Suárez, 2020, p. 16). La innovación permite trabajar a temperaturas de desvanecimiento en el rango de 40 y 90°C y de acumulación en el rango de 110 y 150°C. Pueden retener eficazmente el calor residual y crear

calor valioso en forma de vapor o agua comprimida, pero los sopladores requieren la entrada de energía eléctrica.

La Bomba Calorimétrica es un equipo de medición fiable para decidir el valor calorífico de cualquier muestra de combustible ya sea en forma sólida o en forma de fluido, no necesita asociaciones duraderas, tiende a ser configurado en pocos minutos y cuando no se utiliza muy bien puede ser desmontado sin esfuerzo. Es un equipo valioso para mostrar la estimación de calor en un laboratorio, ya que da toda la instrumentación y la sencillez en el cuidado de tales pruebas, permitiendo calcular cualquier pérdida de calor o ganancia de calor (Beltrán y Guerrero, 2018, p. 39).

La utilización de una bomba calorimétrica es fundamental para la investigación de las propiedades en diferentes campos, esencialmente para considerar la conducta de las cualidades interiores del aceite de lubricación SAE 20W50. Según (Ambiental et al., 2015, párr. 14) especifica que se utilizó una bomba de calor para la partición de Oro de un concentrado con Carbón Activado. En este registro se aclara con exactitud y precisión la estrategia de combustión en la bomba calorimétrica, así como la determinación de la interacción del cianuro, la absorción con el carbón activado seguido de la evaluación por la técnica de absorción atómica, demostrando que por esta vía se obtiene una mayor recuperación de Oro. Una vez obtenida la muestra totalmente combustionada, los residuos sobrantes se procesan utilizando agua regia. Esto es, en parte, arriesgado para la vegetación de la zona, ya que provoca una contaminación ambiental.

La bomba calorimétrica es un dispositivo de gran utilidad para determinar el poder calorífico de un combustible. La entalpia generada por la reacción de la combustión en cuestión es absorbida por un cuerpo de agua u otro líquido en el que se observa el aumento de la temperatura, se compone de un recipiente cilíndrico de aproximadamente de 50 cm<sup>3</sup>, cerrado con un tapón de rosca, de la cual caen dos agujeros en el interior. En uno de estos agujeros se introduce la varilla de hierro que soporta el crisol de platino y una pequeña espiral de hierro (Ambiental et al., 2015, párr. 26). Para la utilización de la bomba de calor se lo realiza por medio del crisol, es colocado el combustible del cual se desea saber el valor calorífico y se introduce oxígeno en la presión. La bomba se encuentra inmersa en un termómetro. Se coloca al agitador en movimiento axial, cuando el termómetro posiciona una temperatura constante, una diferencia de potencial se produce entre el hierro que hace que la espiral dé la oxidación del hierro, cree así la quema del material puesto a prueba. El termómetro marca la temperatura, que se eleva rápidamente a un valor determinado-constante y luego desciende lentamente. El cual hace que sea posible calcular el valor calorífico mediante la siguiente fórmula:

$$P_c = \frac{cp(\text{water})(T_2 - T_1)(P + a)}{p}$$

(3)

Donde,  $T_1$  y  $T_2$  son, respectivamente, las temperaturas máximas y mínimas,  $P$  es la cantidad de agua introducida en el calorimétrico,  $a$  es el equivalente en agua del calorímetro y  $p$  es la cantidad de muestra.

### 1.6.2 Propiedades de los aceites de lubricación

En la actualidad el sistema de lubricación del motor de combustión interna no es tomado con la importancia que se merece, haciendo que los conductores den más importancia al precio que a su calidad y componentes (Puente et al., 2017). Existe una variedad de lubricantes en el mercado que brindan diferentes tipos de protección al motor, esta protección dependerá de la base y composición del lubricante, así como de los diferentes aditivos y detergentes que contenga. Las propiedades de los aceites lubricantes, son valoradas mediante parámetros físicos y químicos representados por datos numéricos susceptibles de ser medidos. De esta manera son de gran utilidad para lograr uniformidad en su interpretación, tienen la capacidad de adaptarse a cada aplicación de acuerdo a los requerimientos de y/o mecanismo, y de esta manera determinar las posibles causas de las variaciones (Montero, 2016, p. 19). La viscosidad se define como una propiedad que posee el sistema de lubricación (lubricante) en cuanto a su movilidad, ya que al tener menor viscosidad puede fluir con mayor facilidad, lo que no sucede cuando es más viscoso (Domínguez, 2016, p. 27). La viscosidad del lubricante se puede medir mediante un parámetro enlazado con la temperatura llamado coeficiente de viscosidad. En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad física de viscosidad dinámica es pascal-segundo (Pa\*s).

La adherencia permite tener el lubricante en cada una de las superficies de las piezas ya sean fijas o móviles por que evitan el goteo y las salpicaduras al momento del funcionamiento para formar una película de aceite más rápidamente para evitar un desgaste prematuro (Bakhri, 2015, p. 42). El punto de congelación hace que la energía cinética mediante la temperatura, las fuerzas intermoleculares y el deceso de energía provoca este efecto y, que es muy importante ya que en lugares bajo cero un lubricante no debe perder su fluidez, en los aceites de motor debe serlo más bajo posible (Bakhri, 2015, p. 26). Cuando un lubricante es colocado y expuesto a temperaturas del medio exterior se caldea produciendo oxidación, a su vez hace que el aceite empiece a deformarse a una alta temperatura y los gases producidos se vuelvan sumamente inflamables, es por eso que un lubricante debe tener su punto de inflamación en 240° C.

### 1.6.3 Contaminación por aceites usados

El sistema de lubricación reduce la fricción y desgaste de metal, remoción de contaminantes, protege a los equipos contra la humedad, entre otras protecciones que un aceite puede realizar (Buchelli Carpio & García Granizo, 2015). Cuando la contaminación o el deterioro del aceite causan problemas, el método de detección más eficaz es analizar el lubricante para determinar cuál es la causa del deterioro del aceite y proporcionarnos pistas sobre la causa raíz. En motores de combustión interna como en el motor de ciclo Diésel la transformación de la energía química a energía mecánica ocasiona pérdidas energéticas considerables como la fricción entre materiales. El cual es reducida mediante el uso de un lubricante ocasionando una adherencia a las superficies, dando como resultado una reducción en el rozamiento, menor generación de calor, mayor suavidad y menor ruido. La misión del lubricante es el neutralizar los ácidos, aire, agua y sustancias corrosivas debido a la combustión y descomposición del propio lubricante, protegiendo el motor. Otra función es el soportar cargas y esfuerzo a los que está sometido sin ser desplazado, reduciendo las vibraciones, y ruidos entre piezas. A pesar del uso del lubricante, el motor aún enfrenta condiciones de desgaste presentadas durante su uso de forma mínima. Con largos periodos de uso y basado en su condición de trabajo un motor puede presentar mayor o menor desgaste en función del tiempo (Ávila, 2017, p. 13).

(German y Pozo, 2014) Establece que el proceso de estudio será el de la elaboración de Ger Oil 80w90, ya que es el que tiene la mayor utilidad perdida generada por las cantidades perdidas de producto. Se realiza un análisis del proceso crítico en general, posteriormente se dan importancia los problemas encontrados mediante Diagramas de Pareto y se muestran las causas de los problemas a través de Diagramas de Ishikawa. Seguido se mencionan algunas propuestas de mejora seguido a sus posibles soluciones. Se diseñan las propuestas de mejora para el control de calidad de cada una de las etapas del proceso productivo, entre estas se tienen gráficos de control, indicadores y el diseño experimental unifactorial.

Dando mención a la contaminación del medio ambiente, (Manzanares Jiménez y Ibarra Ceceña, 2012) menciona que el Valle del Fuerte es una región fértil que provee de agua al Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo y al Distrito de Riego 075 Valle del Fuerte, Esta represa es un recurso indispensable para el abastecimiento del valle y del consumo humano, siendo una actual preocupación en cuanto a la calidad del agua, reduciendo sus impurezas así cumpliendo los requisitos necesarios y ser apto para el consumo humano. Es de especial interés el análisis de la problemática que representa el verter del aceite usado sobre la tierra, causando un daño directo afectando su permeabilidad convirtiendo así, en un terreno inservible y por ende contaminado

con metales pesados. De igual manera para el diagnóstico de aceites usados tiene un gran problema como es sobre el impacto ambiental de los aceites automotrices. (Montero, 2016, pp. 12-18) se enfoca en diagnosticar el grado de contaminación ambiental por hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelos y efluentes, dentro de lubricadoras y talleres automotrices de la ciudad Piñas. Para determinar el índice TPH se tomó muestras directamente del suelo y de agua hervida industrial en puntos estratégicos, para posteriormente ser analizados en los laboratorios. Mediante un análisis de los resultados obtenidos y la normativa ambiental ecuatoriana, se detecta una concentración de TPH, que en el agua está dentro de los parámetros establecidos, por el contrario, el análisis sobre el suelo sobrepasa los límites máximos permisibles.

#### **1.6.4 Reutilización de aceites usados**

(Norma, 2020) menciona que comparó parámetros, concentración de residuos y su viabilidad económica de los métodos más utilizados para la regeneración de aceites lubricantes.

Mediante una investigación y un análisis sistemático sobre regeneración de aceites lubricantes usados, se establece las características de cada método, como también sus características fisicoquímicas, identificando el más apto para su ejecución en el Distrito metropolitano de Quito, siempre y cuando cumpla con las normas NTE INEN 2030. Para así lograr un método eficiente y eficaz para la regeneración de aceite lubricante, que sea amigable con el ambiente y económicamente viable. De esta manera cada método afecta al rendimiento y remoción de residuos del aceite lubricante usado. Por lo que se debe preparar la muestra filtrándola para que los residuos sólidos de mayor tamaño se puedan descartar. En los dos métodos mencionados es preferible calentar la muestra hasta el punto de ebullición del agua para que esta se evapore y así controlar mejor el porcentaje de agua en el producto final.

En la actualidad la calidad de un factor por excelencia de primera para la gestión de cualquier empresa o producto, a su vez los precios de los productos de hacen cada vez más relevantes a influencias tales como la calidad que es un elemento de decisión mundial para el uso en vehículos de combustión interna, la calidad es un término muy heterogéneo que conlleva valor, excelencia o superioridad.

El mantenimiento predictivo en motores de combustión interna es una herramienta importante para predecir fallas con la cual constituye el análisis del aceite, que provee valiosa información utilizable como sintomatología para diagnosticar tanto el desgaste interno del motor como el estado de su lubricante (colombiana y Racional, 2018, párr. 3). El análisis de los síntomas del aceite, brinda suficiente orientación sobre el estado en que se encuentra el motor de esta manera se pueden prevenir fallas y paradas no planificadas. En el país esta técnica se encuentra débilmente



desarrollada, debido a los pocos laboratorios que prestan sus servicios para este fin y a los altos costos fijos que representan para las empresas (Del Castillo y Orobio, 2020, p. 10).

**Tabla 3-1:** Causas y efectos del aceite de lubricación usado

<b>Clases de desecho</b>	<b>Características</b>	<b>Probable fuente</b>
Residuo acuoso	Agua residual que contiene aceite y residuos mayormente contaminados	Instalaciones de refinerías y petroquímica, instalaciones de almacenamiento de aceites, vehículos o lavaderos de autos
Aceite usado de motor	Contiene contaminantes volátiles (agua y combustible), solubles (aditivos de aceite), insolubles (partículas de carbono), óxidos de metales incluyendo óxido de plomo junto con una gran cantidad de otras trazas metálicas, y detergentes	Garajes, empresas de transporte comercial, estaciones de servicio, sitios industriales
Emulsión de aceite usado	Aceite de corte soluble en agua, desechos que contienen aceites minerales dispersos en agua, emulsionantes de tipo jabonoso, aditivos de aceites lubricantes y otros aceites Contaminantes	Industrias que trabajan con metales, tiendas de máquinas, actividades de ingeniería de producción industrial
Mezclas de aceite no emulsionado	Residuos de aceite mineral que contiene aceite entre 10%-10%, agua, materiales lubricantes oxidados, partículas de sedimentos metálicos	Industrias que trabajan con metales, sectores energéticos, industrias manufactureras.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1 Método de investigación**

En el presente Trabajo de Integración Curricular resalta la importancia de la utilización de la técnica de análisis del aceite del motor, que a partir del estado del aceite predice su estado. La metodología empleada fue de carácter investigativo con el sustento de análisis bibliográfico respectivo, sustentado por la utilización de una bomba calorimétrica y estudios de laboratorio, para el análisis de toma de muestras que se enmarcó en un proceso analítico, inductivo y deductivo (Chiriboga, 2015,p. 9), siendo la guía del trabajo de observación directa las causas y efectos que generan el problema del análisis del poder calorífico y propiedades internas del sistema de lubricación SAE 20W50. Para lo cual se estableció la utilización de tres taxis convencionales de la ciudad de Riobamba a fin de realizar una comparación descriptiva y técnica en relación con los lubricantes y la pérdida de las propiedades internas del mismo, es decir la degradación dentro del mismo motor en un sistema de conducción a condiciones normales. Los resultados de las muestras de aceite dependen en su mayor parte de la manera en la cual fueron extraídas ya que la contaminación con partículas exteriores afecta a un buen análisis, por lo que la toma de muestras se lo realizo de manera directa del cárter con una sustracción de 10 ml de aceite cada 500 km de recorrido, las muestras se depositaron en envases netamente esterilizados. Los estudios de aceite se realizan en una cadena de pruebas de laboratorio para que los resultados sean efectivos, estos resultados acatan la causa del problema dentro del aceite utilizado y el análisis de las propiedades internas perdidas en cada uno de los vehículos antes que se convierta en una complicada reparación. Para sustentar todos los planteamientos a lo largo del presente trabajo de titulación se consideró de vital importancia estructurar bases científicas mediante el uso de artículos abalados y comprobados teóricamente su validez que permitan dar a conocer la definición, clasificación, características y funciones de los lubricantes. Con toda esta información obtenida mediante pruebas de laboratorio y trabajo de campo se visualizará los problemas consiguientes del poder calorífico y las propiedades internas del lubricante con la finalidad de detectar desgastes prematuros de componentes internos del motor evitando paradas anticipadas, reduciendo gastos económicos y minimizando el tiempo de mantenimiento correctivo (Beltrán y Guerrero, 2018, p. 14).

Las muestras están constituidas por tres vehículos tipo taxi que circulan en la ciudad de Riobamba, se ha considerado estos automotores porque permanecen en funcionamiento con jornadas prologadas de trabajo, incluso algunos las 24 horas del día. Se ha tomado en cuenta

este tipo de vehículos para el análisis del poder calorífico y propiedades internas por las condiciones del recorrido que realizan, el mayor desgaste del motor y tiempo reducido entre cambio de aceite. Se ha considerado vehículos con una cilindrada en el intervalo de 1400 a 1600 cm<sup>3</sup>, que están funcionando en condiciones normales, que no tengan mantenimiento planificado durante el proceso de muestro, y que ninguno de ellos consuma o derrame aceite de motor.

## **2.2 Metodología empírica**

En la presente sección se muestra métodos y procedimientos necesarios para la determinación del poder calorífico y con la Bomba Calorimétrica, el análisis de las propiedades internas con la utilización de dispositivos afines al estudio. Lo que conlleva en la metodología de medición de la cantidad de la muestra, y el proceso de toma de muestras introducidas en el análisis del aceite. Con la ayuda de la bomba Calorimétrica se puede determinar el poder calorífico de un aceite lubricante cuando se quema a volumen constante, el aceite lubricante se le introduce a la bomba de Calor y previo a esto se agrega oxígeno necesario para la realización del proceso de combustión. Todo el proceso se realiza dentro de un baño maría de agua adiabática para evitar fugas de calor que afecte al proceso. En consiguiente esta metodología analiza los materiales de desgaste evaluadas en partes por millón (ppm) presentes en función del kilometraje recorrido (S. Bakhri, 2015), en las muestras tomadas a cada unidad motriz en condiciones normales. Sin embargo, el calor que absorbe el agua no es el poder calorífico del lubricante, debido a diversos factores, entre los cuales pueden nombrarse: absorción de calor por la propia bomba, liberación de calor de alambre que provoca el encendido del combustible, liberación de calor por la formación de ácido nítrico y sulfúrico.

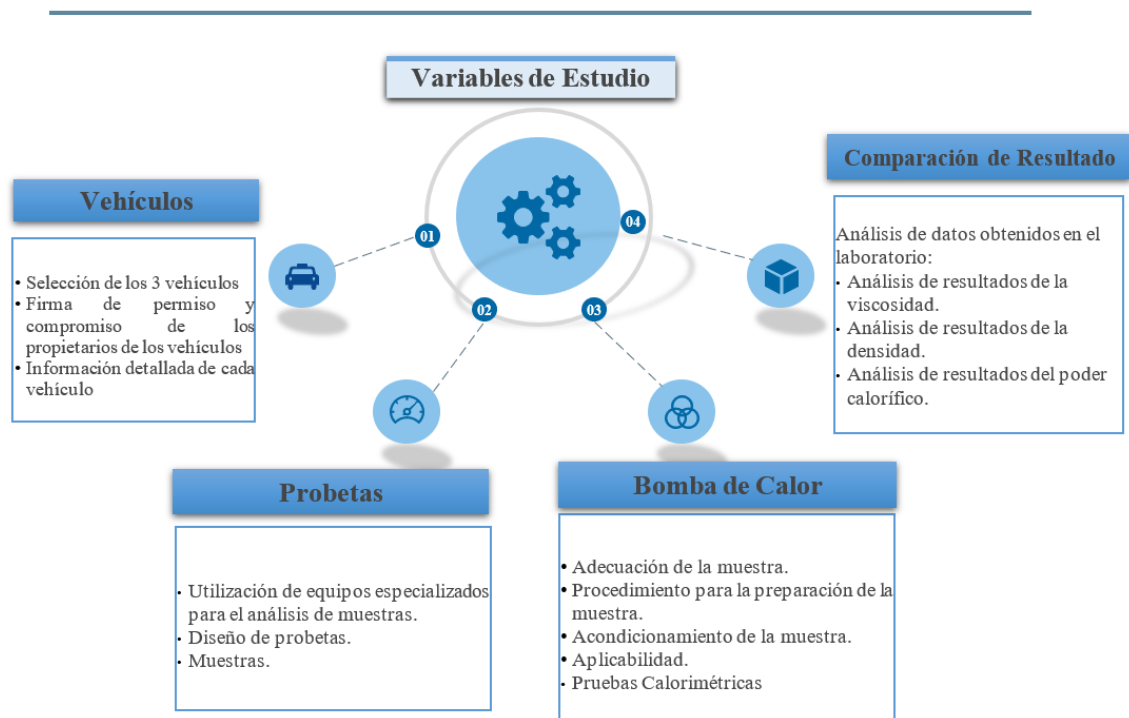
## **2.3 Metodología cuantitativa**

En cuanto al enfoque utilizado para el perfeccionamiento de este proyecto de investigación, se utilizó una metodología cuantitativa ya que se trabaja con una bomba de calor que tiene un extraordinario potencial dentro del campo del análisis de aceites por su rápida respuesta, facilidad de uso y costo de las pruebas, así como el volumen de datos cuantitativos, permitiendo tener una amplia información sobre el estado real del aceite lubricante y evaluar con increíble exactitud el deterioro al que puede estar expuesto el motor (Gómez Estrada, 2013.). Además, de su extraordinario potencial, existe un importante espacio para el desarrollo y la ampliación de esta estrategia científica, permitiendo completar futuros trabajos de exploración en esta línea.

Durante todo este tiempo han sido desarrollados un gran número de muestras para medir los

procesos de degradación retratadas anteriormente en los motores de combustión interna, en particular las identificadas con la degradación del aceite lubricante. A través de estas investigaciones, se reconocerán algunos factores que son críticos en la interacción de la degradación del aceite. Dentro de estos instrumentos de análisis de aceites hay innumerables pruebas analíticas (cuantitativas), que se utilizan para reconocer y calibrar dentro del aceite lubricante los agentes que pueden actuar como iniciadores y precursores del ciclo degradativo en las pruebas de aceite lubricante.

## 2.4 Análisis de variables de estudio



Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 2.4.1 Convenio con propietarios de los Vehículos seleccionados

Para la realización de esta investigación se consiguió la participación de tres miembros de cooperativas de taxis los cuales se distribuyen de la siguiente manera: dos miembros de la compañía Ciudad Unido y un miembro de la cooperativa Barón de Carondelet, previo al consentimiento firmado, se efectuó una explicación del proceso que conlleva el presente trabajo de integración curricular lo cual se manifestó el propósito del estudio, aspectos técnicos y metodológicos del proyecto, los beneficios para los colaboradores, con la finalidad de contar con una cooperación responsable. Se diseñó un documento que recogió aspectos relacionados con el propietario y sus vehículos, las actividades a realizarse durante el proceso de muestro y en que consiste la colaboración de cada miembro del taxi.

Se tomó un registro fotográfico de cada propietario con su respectivo vehículo, se realizó un documento de compromiso donde cada propietario firmo y acepto las normas establecidas hasta finalizar el proyecto. Este proceso se realizó con el fin de tener el compromiso de los propietarios de los vehículos y así evitar posibles contratiempos e inconveniente al momento de la toma de muestras del aceite.

#### **2.4.2 Información detallada de cada uno de los vehículos**

Se realizó un registro con toda la información proporcionada tanto por los propietarios de los vehículos como la información proporcionada por parte del mantenimiento realizado. Con la información obtenida de cada vehículo se procedió al cambio de aceite de cada vehículo para posteriormente cada 500 km. de recorrido que realicen se proceda a la extracción de muestras de aceite tal como se acordó con los propietarios de los vehículos.



**Figura 1-2:** Dueño y vehículo Hyundai Atos 2008

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Figura 2-2: Dueño y Vehículo Kia Rio Xcittle 2012**

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Figura 3-2: Dueño y Vehículo Nissan Sentra 2010**

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

### **2.4.3 Equipos y materiales**

Antes de proceder a realizar las pruebas se realizó un breve mantenimiento de cada equipo que estaremos utilizando para tener una mayor exactitud en los datos que se obtendrá para la comparación de resultados. Además, se revisó minuciosamente todos los materiales que estén en buen estado ya que serán de mucha utilidad para facilitarnos el procedo de muestreo del aceite, para la utilización de los instrumentos fue tomado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como, por ejemplo, la utilización del densímetro para determinar la densidad de cada una de las muestras en los tres distintos vehículos previo a la comparativa con los valores normales.

La utilización del instrumento de medida de aceite Fluidscan con la finalidad de conocer propiedades muy importantes del aceite de cada uno de los vehículos y finalmente la utilización de la Bomba de calor con la finalidad de conocer el incremento del poder calorífico según va aumentando el kilometraje del vehículo.

### **2.4.4 Diseño de probetas**

Cada probeta fue visualmente verificada con la finalidad de no presentar ningún daño en la superficie tales como: grietas, rasguños, sobrecalentamientos y/o cualquier otro que pueda interferir en la superficie de nuestro ensayo. De igual manera la creación de un instrumento de succión desde el interior del cárter hacia el exterior realizado por medio de una jeringa de 10 ml. y una manguera previa adaptada a la entrada de la jeringa.

### **2.4.5 Muestras**

La preparación de muestras se lo realizo con mucho cuidado para evitar cualquier cambio o contaminación por medio de la presencia de aire u otras partículas que puedan afectar los resultados. Esta operación se realizó rápidamente y con la mínima exposición al medio ambiente. El aumento de concentración de contaminantes se da debido a diversos factores muy importantes los cuales puede presentar fallas en el motor de combustión interna, de la misma manera genera paradas no programadas y gastos económicos no deseado, alguna de las fallas se puede dar de la siguiente manera: por la etapa de causa de raíz, etapa de falla del motor y por la etapa de falla del aceite. De la misma manera produce un desgaste del motor, corrosión del motor, y se encuentra lodo en el aceite.

#### **2.4.6 Método estadístico**

Para el presente proyecto de investigación el método estadístico a utilizar de acuerdo al planteamiento del problema de investigación, se orienta a la aplicación de un cuestionario a la población de taxistas con el tema referente a qué tipo de aceite de lubricación utilizan en sus vehículos, la correcta utilización de los objetivos e hipótesis, la utilización de instrumento para las mediciones de las propiedades internas del aceite bajo el uso dentro del motor de combustión interna, de esta manera se recolecta la información deseada y se establece técnicas y procesos metodológicos a utilizarse (S. Bakhri, 2015, p. 13).

#### **2.4.7 Variables experimentales**

*Variable dependiente:* poder calorífico (Joule/g).

*Variable independiente:* estado del motor en función del aceite SAE 20W50.

Las variables experimentales propuestas para un análisis de laboratorio en función del estado del motor de combustión interna seguidos del aceite lubricante de acuerdo a su funcionamiento se puede determinar un estudio de propiedades internas fundamentales tales como: densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), AW aditive (%), integridad fluida (%), glicol (%), Nitración (abs/cm), Oxidación (abs/0,1mm), hollín (% wt), TBN (mgKOH/g), y la presencia de agua en el aceite (ppm).

#### **2.4.8 Recolección de muestras**

Para el análisis del poder calorífico mediante la utilización de una bomba de calor se recolectará muestras en una cantidad de 10 ml. de aceite de cada uno de los vehículos directamente de la aguja de medición de aceite dentro del motor de combustión interna, mediante la utilización de un dispositivo de succión, para evitar contaminación del aceite al sustraer.

#### **2.4.9 Análisis de toma de muestras recolectadas**

El análisis se lo realizará mediante la utilización de la bomba de calor para determinar el aumento de poder calorífico el cual se va generando a través del kilometraje de recorrido de cada uno de los vehículos, seguido de la utilización de dispositivos adherentes al estudio para determinar el estado de las propiedades internas del aceite con la finalidad de verificar cual es el vehículo con un desgaste de motor ya en proceso.

#### **2.4.10 Interpretación de datos**

Este método se basa en la utilización de diagramas de pastel para la interpretación del formulario que ya se realizó en la población en general de taxistas existentes en la ciudad de



Riobamba, lo que particularmente se escogió 3 vehículos al azar con deseos de ayudar con la realización en este proyecto de integración curricular. El siguiente diagrama a utilizar es el de barras y diagrama de dispersión para demostrar los resultados de cada uno de los vehículos y generalizar para una mejor comprensión del estudio. Para la realización de esta investigación se consiguió la participación de tres miembros de cooperativas de taxis los cuales se distribuyen de la siguiente manera: dos miembros de la compañía Ciudad Unido y un miembro de la cooperativa Barón de Carondelet, previo al consentimiento firmado, se efectuó una explicación del proceso que conlleva el presente trabajo de integración curricular lo cual se manifestó el propósito del estudio, aspectos técnicos y metodológicos del proyecto, los beneficios para los colaboradores, con la finalidad de contar con una cooperación responsable. Se diseñó un documento que recogió aspectos relacionados con el propietario y sus vehículos, las actividades a realizarse durante el proceso de muestro y en que consiste la colaboración de cada miembro del taxi.

**Tabla 1-2:** Seguimiento de datos de muestras solicitadas

NOMBRES	500 Km	1000 km	1500 km	2000 km	2500 km	3000 km	3500 km	4000 km	4500 km	5000 km
ALEX LEMA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
POLITO ARIAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CESAR LEMA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

## 2.6 Análisis y comparativa de Variables. (NORMATIVA ISO)

En el primer grupo la viscosidad se mide a una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , lo que da una idea de su viscosidad en condiciones de arranque en frío y está dividido en los seis grados SAE siguientes: SAE 0W, SAE 5W, SAE10W, SAE 15W, SAE 20W, Y SAE 25W. la letra W es distintiva de los aceites que se utilizan en invierno y proviene del inglés (Winter). Estos grados indican la temperatura mínima de utilización del aceite conservando su viscosidad para circular bien (Perez Cotrina, 2017).

En el segundo grupo la viscosidad se mide a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ , lo que da idea de la fluidez del aceite cuando el motor se encuentra funcionando en caliente. Este grupo se establecen cuatro grados SAE como son: SAE 20, SAE 30, SAE 40, y SAE 50.

**Tabla 2-2:** Grado de viscosidad del aceite.

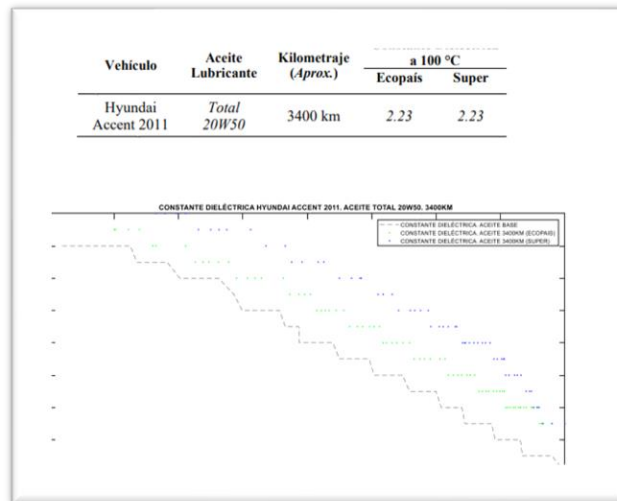
Grado de viscosidad SAE	Viscosidad a baja temperatura (°C), cP		Viscosidades en alta temperatura (°C)		
	Max. arranque	Max. De bombeo (sin esfuerzo)	Cinemática (cSt) a 100°C	Cinemática (cSt) a 100 °C	Alta tasa de corte (cP) a 150 °C D4683, D4741
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8	-	
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8	-	--
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1	-	-
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6	-	-
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6	-	-
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	< 12,5	2,9
40	-	-	12,5	< 16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 10W40)
40	-	--	12,5	< 16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40,40)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

Fuente: (Perez Cotrina, 2017)

Las emisiones contaminantes producen residuos tanto en el mantenimiento, como en el ciclo de vida del motor. Para fines técnicos se diferenciará la emisiones de las inmisiones.

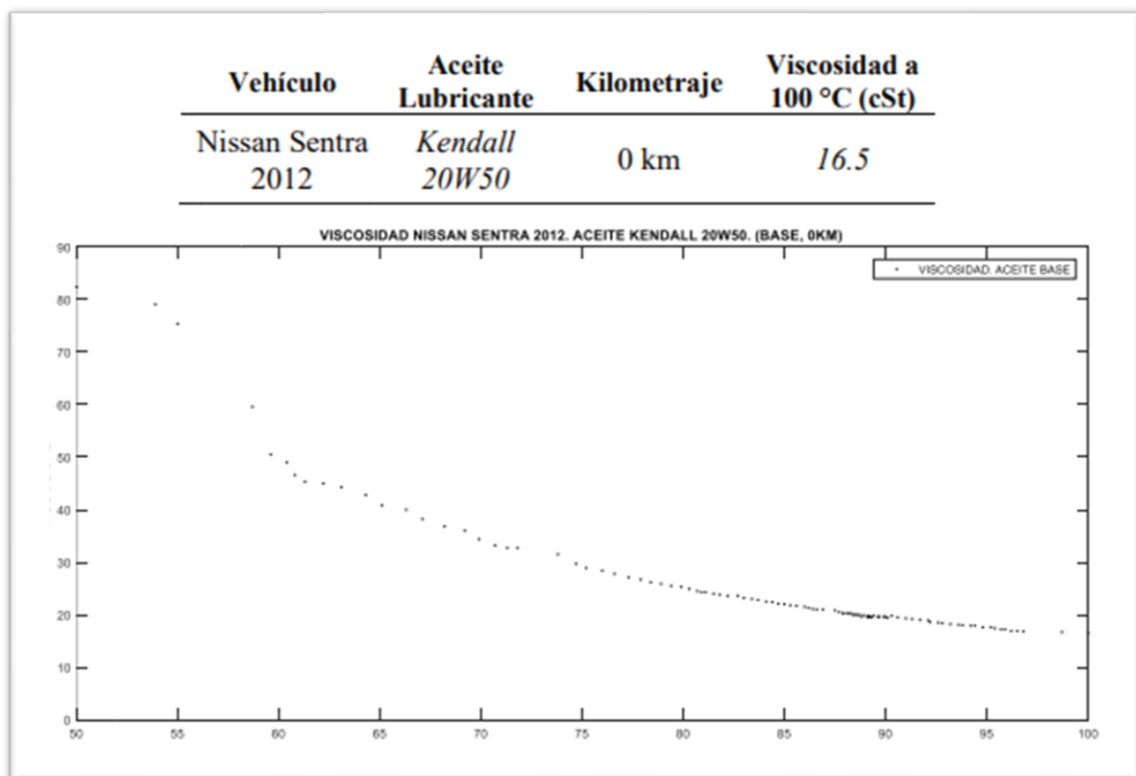
Emisiones es todo aquello que se evacua por fuentes o conjuntos de funetes analizables, por ejemplo, del tubo de escape del automovil, mientras que las inmisiones son el conjunto de especies que residen en la atmosfera, como consecuencia de las emisiones (Ingeniería y Automotriz,

2020).



**Figura 4-2:** Variante de un Hyundai Accent 2011

Fuente: (Ingeniería y Automotriz, 2020)



**Figura 5-2:** Viscosidad Nissan Sentra 212. Aceite kendall 20W50 0k

Fuente: (Ingeniería y Automotriz, 2020)

**Tabla 3-2:** Propiedades típicas del aceite Kendall 20W50.

<b>Propiedades Típicas</b>	<b>Nominación</b>
Grado SAE	20W-50
Gravedad Especifica @ 60°F	0,883
Densidad, lb/gal @ 60°F	7,35
Color, ASTM D1500	3,5
Punto de inflamación (COC), (°F)	(230) (446)
Punto de Fluidez, °C (F)	(-30) (-22)
Viscosidad, Cinemática	
cSt @ 40°C	160
cSt @ 100°C	19,4
Índice de Viscosidad	139
Viscosidad CCS, Cp	6,3
@ (°C)	(-15)
Viscosidad HTHS, cP @ 150 °C	4,9
Cenizas Sulfatadas, ASTM D2896, masa %	0,99
Número Básico Total (TBN), ASTM D2896	50% del aceite nuevo y >2
Fósforo, masa %	0,109
Titanio, masa %	0,01
Zinc, masa %	0,12
Insolubles	>1%
Viscosidad	± 20% del aceite nuevo
Glicol	>200 ppm
Nitración	20 abs/cm
Oxidación	20 abs/cm

Agua	1000 ppm
Al	10 ppm
B	50% del aceite nuevo
Ca	50% del aceite nuevo
Cl	>800 ppm
Cr	5 ppm
Cu	15 ppm
Fe	20 ppm
Mg	50% del aceite nuevo
Mo	5 ppm
Na	25 ppm
Ni	3 ppm
P	50% del aceite nuevo
Si	4-7 ppm
Sn	5 ppm
Ti	66 ppm
Zn	50 % del aceite nuevo

Fuente: (Camargo, 2017).

## 2.7 Estudio de mercado

En la ciudad de Riobamba existen 53 cooperativas de taxis, por lo que procedimos a realizar una encuesta a los propietarios de estas cooperativas, con el fin de recaudar información específica sobre el tipo de aceite que utilizan los socios de estas cooperativas de taxis. Se procedió a calcular el tamaño de la muestra para conocer el número exacto de encuestas que debemos aplicar.

Tamaño de la Muestra:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (4)$$

En donde:

n= Tamaño de muestra buscado

N= Tamaño de la Población

Z=Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

e= Error de estimación máximo aceptado

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q= (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

**Tabla 4-2:** Nivel de confianza

Nivel de confianza	Z alfa
99,70%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Para calcular el tamaño de Muestra tenemos una población de 53 propietarios de cooperativas de taxis, donde en la investigación asignamos un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

**Tabla 5-2:** Cálculo del Tamaño de la Muestra

Parámetros	Datos
N	53
Z	1,96
p	50%
q	50%
e	5%

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Cálculos previamente realizados:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$
$$n = \frac{52 * (1,96)_{\alpha}^2 * 50 * 50}{5^2 * (52 - 1) + (1,96)_{\alpha}^2 * 50 * 50}$$

$$n = 46,68$$

Una vez calculado el número de la muestra, aplicaremos 46 encuestas entre los diferentes propietarios de las 53 cooperativas que existen en la ciudad de Riobamba.

## 2.8 Ubicación Geográfica donde se realizará el análisis del mercado

Provincia: Chimborazo

Ciudad: Riobamba



**Figura 6-2:** Mapa geográfico de la ciudad de Riobamba

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

Reseña: Es una ciudad del Ecuador, conocida también como: “Cuna de la Nacionalidad Ecuatoriana”, “Sultana de los Andes”, “Ciudad Bonita”, “Ciudad de las Primicias”, “Corazón de la Patria”, por su historia y belleza. Es la capital de la Provincia de Chimborazo.

## 2.9 Encuesta

Para la investigación de campo se aplicó 46 encuestas a los propietarios de las cooperativas de taxis de la ciudad de Riobamba, también se llevó a emplear instrumentos como entrevistas, tanto

al gerente y a cinco miembros administrativos de las Cooperativa de Taxis, asimismo la aplicación de encuestas nos permitió la verificación de hipótesis y consecuentemente la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

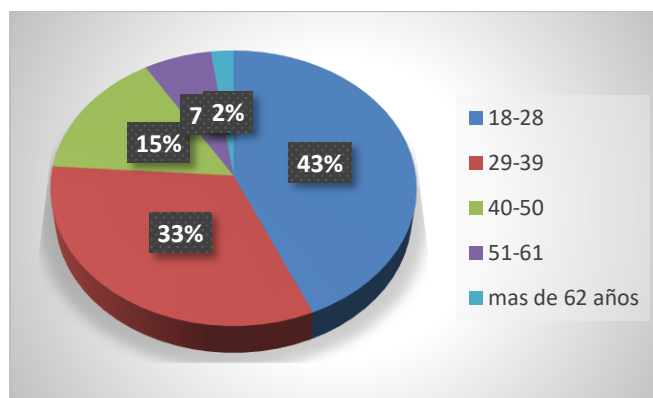
La encuesta utilizó instrumentos como un cuestionario que contenía siete preguntas de selección múltiple que fue aplicado a los propietarios de las diferentes cooperativas de taxis que existen en la ciudad de Riobamba. Las preguntas que aplicamos fueron las siguientes:

**Pregunta 1: ¿Cuál es su rango de edad?**

**Tabla 6-2:** Resultados obtenidos de la Pregunta 1

Opciones	Respuesta	%
18-28	20	45%
29-39	15	33%
40-50	7	15%
51-61	3	7%
más de 62 años	1	2%

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 1-2:** Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 1

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

El 43% de los socios de las Cooperativa de Taxis indica que tienen una edad entre los 18 y 28 años, el 33% de los socios tienen una edad entre los 29 y 39 años, el 15% de los socios tienen una edad entre los 40 y 50 años, el 7% de los socios tiene una edad entre los 51 y 61 años y el 2% de los socios tienen una edad de 62 años en adelante. Con los resultados obtenidos logramos rescatar que la mayoría de los socios de las cooperativas de taxis son jóvenes y con una edad muy adecuada para desempeñar su rol.

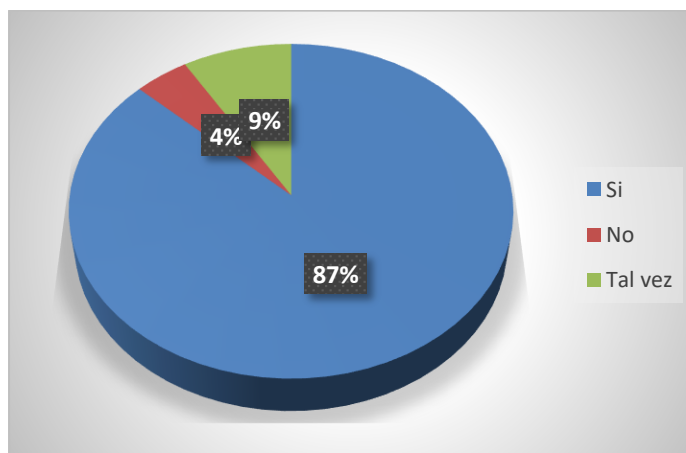


**Pregunta 2: ¿Considera usted la importancia que tiene poner un aceite de calidad en el motor de su vehículo?**

**Tabla 7-2:** Resultados obtenidos de la Pregunta 2

Opciones	Respuesta	%
Si	40	87%
No	2	4%
Tal vez	4	9%

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 2-2:** Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 2

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

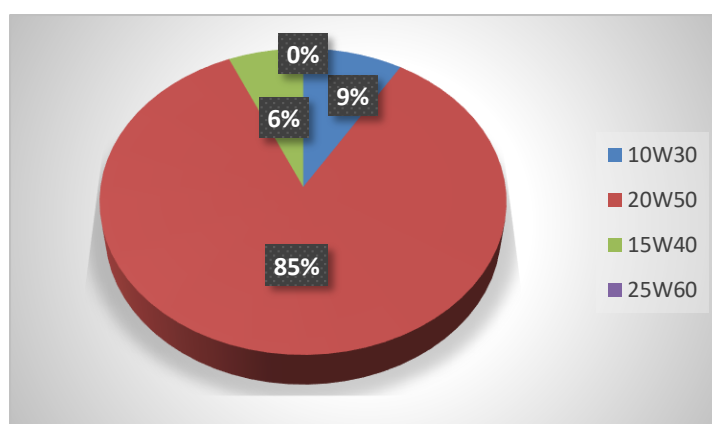
El 87% de los socios de las Cooperativas de Taxis indican que SI le dan mucha importancia a la calidad de aceite que le ponen a sus vehículos, el 4% de los socios NO le dan mucha importancia a la calidad de aceite que le ponen a sus vehículos y el 9% de los socios no tienen conocimiento sobre la importancia que debe tener la calidad de aceite que les ponen a sus vehículos. Con los resultados obtenidos logramos rescatar que la mayoría de los socios de las cooperativas de Taxis considera la importancia que tiene poner un aceite de calidad en el motor de su vehículo.

**Pregunta 3: Bajo la normativa SAE, ¿Qué tipo de aceite utiliza en su vehículo**

**Tabla 8-2:** Resultados obtenidos de la Pregunta 3

Opciones	Respuesta	%
10W30	4	9%
20W50	39	85%
15W40	3	6%
25W60	0	0%

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 3-2:** Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 3

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

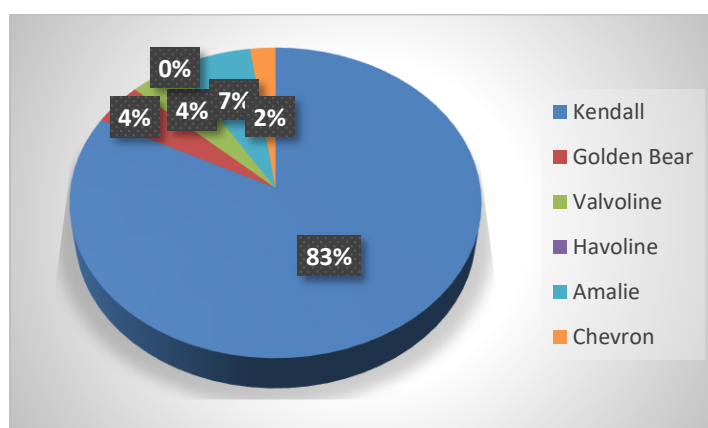
El 85% de los socios de las Cooperativas de Taxis indican que utilizan aceite tipo 20W50 para sus vehículos, el 9% de los socios indican que utilizan aceite tipo 10W30 para sus vehículos, el 6% de los socios indican que utilizan aceite tipo 15W40 para sus vehículos y el 0% de los socios indican que utilizan aceite tipo 25W60 para sus vehículos. Con los resultados obtenidos logramos rescatar que la mayoría de los socios de las cooperativas de Taxis utiliza aceite tipo 20W50 considerando el aceite adecuado para sus vehículos.

#### Pregunta 4: ¿Qué marca de aceite utiliza en su Vehículo?

**Tabla 9-2:** Resultados obtenidos de la Pregunta 4

Opciones	Respuesta	%
Kendall	38	83%
Golden Bear	2	4%
Valvoline	2	4%
Havoline	0	0%
Amalie	3	7%
Chevron	1	2%

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 4-2:** Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 4

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

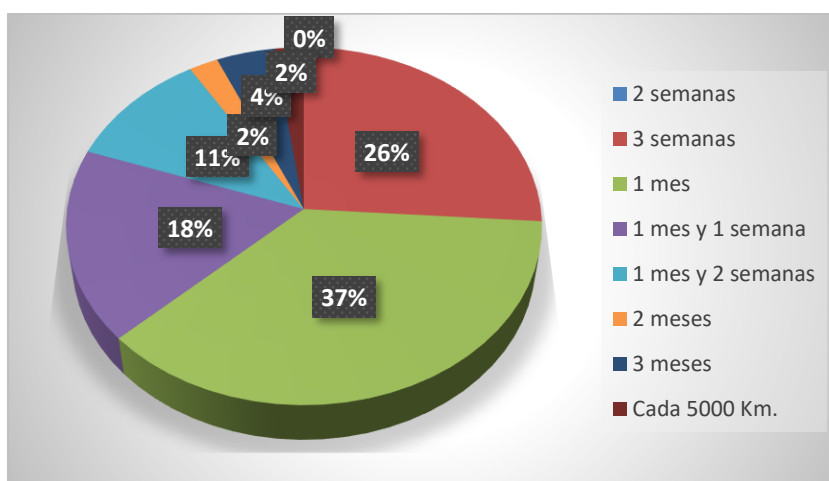
El 83% de los socios de las Cooperativas de Taxis indican que utilizan aceite para sus vehículos de la marca Kendall, el 7% de los socios indican que utilizan aceite para sus vehículos de la marca Amalie, el 4% de los socios indican que utilizan aceite para sus vehículos de la marca Golden Bear, el 4% de los socios indican que utilizan aceite para sus vehículos de la marca Valvoline, el 2% de los socios indican que utilizan aceite para sus vehículos de la marca Chevron y el 0% de los socios indican que utilizan aceite para sus vehículos de la marca Havoline. Con los resultados obtenidos logramos rescatar que la mayoría de los socios de las cooperativas de Taxis utiliza aceite para sus vehículos de la marca Kendall considerando esta marca la mejor opción para sus vehículos.

**Pregunta 5: ¿Con que frecuencia usted realiza el cambio de aceite de su vehículo?**

**Tabla 10-2:** Resultados obtenidos de la Pregunta 5

Opciones	Respuesta	%
2 semanas	0	0%
3 semanas	12	26%
1 mes	17	37%
1 mes y 1 semana	8	18%
1 mes y 2 semanas	5	11%
2 meses	1	2%
3 meses	2	4%
Cada 5000 Km.	1	2%

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 5-2:** Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 5

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

El 37% de los socios de las Cooperativas de Taxis indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada Mes, el 26% de los socios indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada 3 Semanas, el 18% de los socios indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada Mes y 1 Semana, el 11% de los socios indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada Mes y 2 Semanas, el 4% de los socios indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada 3 Meses, el 2% de los socios indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada 2 meses, el 2% de los socios indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada 5 000 Km. y el 0% de los socios indican que realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada 2 Semanas. Con los resultados obtenidos logramos

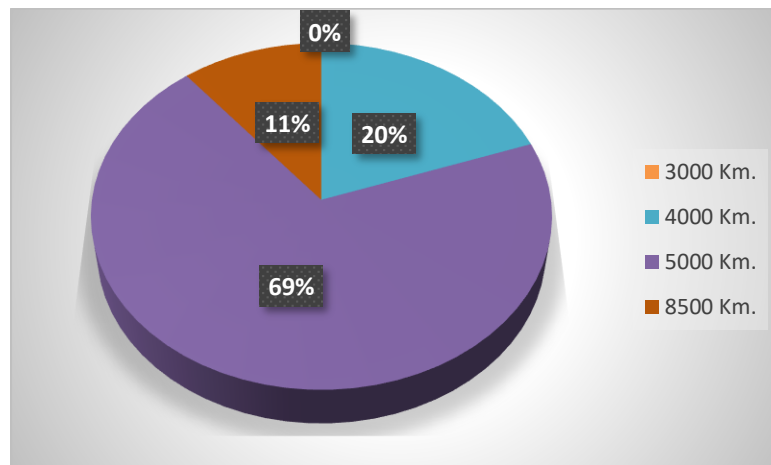
rescatar que los socios de las cooperativas de Taxis realizan el cambio de aceite para sus vehículos cada que lo ven necesario ya que las condiciones de trabajo varían para sus vehículos.

**Pregunta 6: ¿Qué kilometraje considera usted el adecuado para realizar el cambio de aceite de su vehículo?**

**Tabla 11-2:** Resultados obtenidos de la Pregunta 6

Opciones	Respuesta	%
3000 Km.	0	0%
4000 Km.	9	20%
5000 Km.	32	69%
8500 Km.	5	11%

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 6-2:** Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 6

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

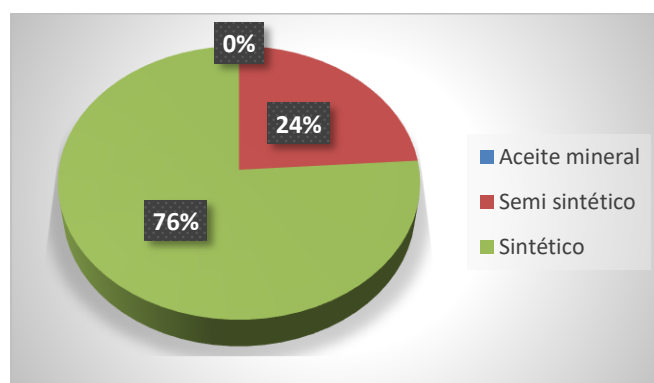
El 69% de los socios de las Cooperativas de Taxis consideran que el kilometraje adecuado para realizar el cambio de aceite para sus vehículos es de 5 000 Km., el 20% de los socios consideran que el kilometraje adecuado para realizar el cambio de aceite para sus vehículos es de 4 000 Km., el 11% de los socios consideran que el kilometraje adecuado para realizar el cambio de aceite para sus vehículos es de 8 500 Km., y el 0% de los socios consideran que el kilometraje adecuado para realizar el cambio de aceite para sus vehículos es de 3 000 Km.. Con los resultados obtenidos logramos rescatar que la mayoría de los socios de las cooperativas de Taxis consideran que el kilometraje adecuado para realizar el cambio de aceite para sus vehículos es de 5 000 Km.

**Pregunta 7: De acuerdo a su preferencia, ¿Qué tipo de lubricante utiliza en su vehículo?**

**Tabla 12-2: Resultados obtenidos de la Pregunta 7**

Opciones	Respuesta	%
Aceite mineral	0	0%
Semisintético	11	24%
Sintético	35	76%

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 7-2:** Representación de los resultados obtenidos de la Pregunta 7

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

El 76% de los socios de las Cooperativas de Taxis indican que utilizan aceite Sintético para sus vehículos, el 24% de los socios indican que utilizan aceite Semi sintético para sus vehículos y el 0% de los socios indican que utilizan aceite Mineral para sus vehículos. Con los resultados obtenidos logramos rescatar que la mayoría de los socios de las cooperativas de Taxis tienen preferencia en utilizar aceite Sintético para sus vehículos.

## CAPITULO III

### 3. PROTOCOLO DE MUESTRO PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

En este capítulo se desarrollará un protocolo de muestro con la finalidad de contrarrestar la contaminación por agentes externos sobre las muestras tomadas de cada uno de los vehículos, de esta manera se detallará las condiciones de almacenamiento. De la misma manera se dará a conocer materiales a utilizar para la recolección de las mismas, así como de los vehículos que están sometidos al experimento como también a variables que afectan a cada una de las muestras tales como: temperatura, condiciones ambientales, puntos de muestro, condiciones de muestro, etc.

#### 3.1 Protocolos de muestreo

Para la obtención correcta de una muestra de aceite lubricante, esta debe ser obtenida cuando el motor este completamente apagado, utilizando los elementos mostrados en la figura 1-3, por lo que se asegura una correcta toma del lubricante, evitando la contaminación por agentes externos contaminantes. En el caso de la toma de muestra de aceite del vehículo, el muestreo se lo realizará a través de una manguera de 8mm. unido a una jeringa de 10ml. como indica en la figura 2-3, debido a que es una oposición económica y de obtención minuciosa y mucho más fácil, de esta manera se lo puede repetir para las tomas de muestras futuras, la manguera y la jeringa al ser un medio de toma de muestra de aceite lubricante se lo debe cambiar para cada muestro, evitando el riesgo de alteración de datos para su posterior análisis (Automotriz, 2020).



**Figura 1-3:** Material para la toma de muestra de aceite

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Figura 2-3:** Muestreo puesto a prueba

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.2 Toma de muestreo del aceite lubricante

El elegir el lugar correcto para la toma de la muestra es de suma importancia pues si se toma de lugares distintos, es probable que los resultados del lubricante no sean exactos. Según (Automotriz, 2020), menciona que se debe elegir puertos primarios para las tomas de muestras en los vehículos, para esto están colocados en una línea de retorno antes de que el aceite llegue al tanque o depósito.

Los motores de combustión interna a gasolina tienen un sistema donde el lubricante es enviado a los conductos de lubricación mediante una bomba de engranes que lubrica todo el motor. Este sistema está conformado por un cárter, una bomba de aceite, un filtro, elemento de medición de presión y por las tuberías que circulan y retornan el lubricante.



**Figura 3-3:** Proceso de toma de muestras

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



Uno de los puertos primarios para la obtención de la muestra de aceite en motores a gasolina, se encuentra en la sección donde entra la varilla de medición de aceite, por ende, será el medio por donde se tome la muestra por lo cual dicho orificio se ingresará una sonda por donde se ingresará el aceite en un recipiente de plástico mediante una jeringa de 10ml., este método es muy utilizado ya que el lubricante se encuentra en movimiento y arrastra todas las impurezas que producen dentro del motor y llega directo hacia el fondo del cárter.

### **3.3 Recipiente de almacenamiento**

Para el almacenamiento de la muestra, se procederá a la extracción del aceite en donde se requiere un recipiente plástico transparente con una tapa hermética, fabricado de polietileno de alta densidad, por motivo de resistencia, temperatura y humedad.



**Figura 4-3:** Recipiente de recolección de la muestra


**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

Para el análisis es importante la limpieza del recipiente de recolección del aceite lubricante para impedir errores de los resultados que se obtendrá del laboratorio, en conclusión, mientras más limpio el recipiente de recolección de la muestra no existirá alteraciones en los resultados de pruebas de análisis. Por ende, se tomó como material recipiente plástico, la toma de muestra de orina, ya que es considerado un recipiente esterilizado.

### **3.4 Identificación de la muestra de aceite**

El envase donde se recolectará el lubricante usado debe contener una etiqueta de identificación. En la tabla 1-3, se muestra un correcto etiquetado, donde especifica las siguientes características:

Nombre, Fecha, Kilometraje y Número de la muestra

	<b>ESPOCH</b> ANÁLISIS DEL PODER CALORIFICO DEL <b>INGENIERIA</b> ACEITE KENDALL SAE 20W50. <b>AUTOMOTRIZ</b>	
	NOMBRE:	
	FECHA:	
	KILOMETRAJE:	
	Nº DE MUESTRA:	

**Figura 5-3:** Etiquetado de muestreo

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.5 Estandarización del muestreo

A continuación, se mostrará una secuencia de pasos para la obtención de muestras de aceite limpia y repetitiva cada 500 km., en los 3 vehículos seleccionado.

Seleccionar un recipiente, netamente esterilizado para la recolección del muestro.

#### 3.5.1 Etiqueta de muestras

Colocar en el envase la etiqueta de identificación con los datos del vehículo, dueño, kilometraje tomado, la cual se extraerá la muestra.

#### 3.5.2 Colocación de succión de la muestra

Retirar la varilla de nivel de aceite del motor del cual se procederá a extraer la muestra de aceite.



**Figura 6-3:** Retirar la varilla de medición de aceite del motor.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.5.3 Medición distancia de varilla medidora de aceite

Se procede a medir la medición, mediante un flexómetro a la varilla del nivel de aceite del motor para constatar la medición del modelo de la muestra.

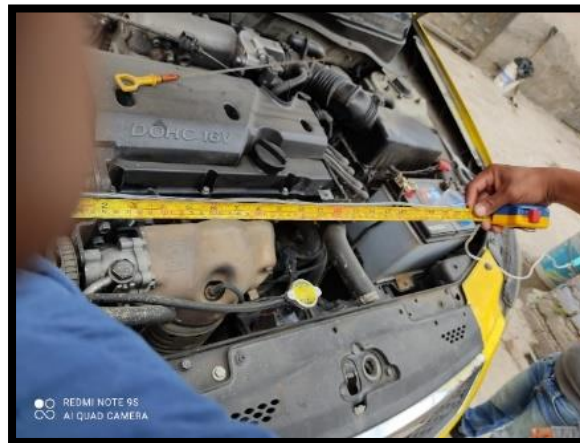


**Figura 7-3:** Medición de la varilla medidora de nivel de aceite.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.5.4 Obtención de longitud real de corte

Cortar el tramo de manguera con una distancia de 10 cm. a 15 cm. mayor a la longitud de la varilla de nivel para la toma de muestras.



**Figura 8-3:** Toma de medidas de la manguera.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.5.5 Extracción

Introducir la manguera conectada a la jeringa de 10 ml. a través del conducto de la varilla de medición de nivel de aceite del motor.



**Figura 9-3:** Introducción de la manguera por el conducto de la varilla del nivel.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.6 Implementación de equipos especializados

#### 3.6.1 Fluidscan



**Figura 10-3:** Datos obtenidos mediante el analizador Fluidscan.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Para el análisis de variables de cada una de las muestras se los realizó mediante el dispositivo FLUID-SCAN series 1000 como se muestra en la figura 9-3, es un analizador portátil de aceite por infrarrojos que proporciona una estimación cuantitativa directa del estado de un lubricante y asume un papel de importante en la monitorización de las observaciones de la máquina (MCM) para el mantenimiento proactivo y predictivo en los programas de gestión de la fiabilidad. Determina cuando el petróleo necesita ser reparado debido a la degradación de la química del petróleo o a la contaminación por otros fluidos como el agua. Cumple con la norma ASTM D7889 “método de prueba estándar para la determinación en campo de las propiedades de los

fluidos en Servicio mediante espectroscopia IR”.

El análisis del aceite se lo realiza mediante un campo de calibración multivariante con algoritmos únicos específicos del petróleo muy fácil de usar, solo se necesita una gota de aceite y un minuto para probar, de esta manera determina cuando el aceite en servicio no es apto para su uso ya sea por condiciones del aceite o el análisis del aceite durante la degradación dentro del motor de combustión interna. La medición de este dispositivo se refleja a un campo muy amplio de estudios ya que presenta una medición directa de presencia de agua, TBN, glicol, hollín, el agotamiento de aditivos y la oxidación del aceite del motor. Presenta una excelente correlación con las pruebas de laboratorio de agua KF, TAN, TBN, reproductibilidad y repetitividad comparable al método FTIR de mesa de trabajo ASTM E2412 y el análisis de datos enviados cumple con la norma ASTM E1655.

### 3.6.2 Densímetro DMA 35

El DMA 35, es un equipo especializado utilizado para medir la densidad de fluidos, previamente se extrae la muestra directo del recipiente de almacenamiento con la ayuda de una bomba succionadora incorporada al interior el cual lo mide rápidamente, los análisis se muestran en forma de concentración como Briz, % v/v o % p/p en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Su diseño es cómodo y fácil de utilizar, lo que permite la realización de medidas con precisión.



**Figura 11-3:** Densímetro DMA 35 para medir la densidad del aceite.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.6.3 Bomba calorimétrica GDY-1<sup>a</sup>

La bomba calorimétrica (GDY-1A Oxygen Bomb Calorimeter) como se muestra en la figura 11-3, es un dispositivo para la tomar medidas exactas del poder calorífico, implementa la utilización de 500 Hz. a 220 v enviados directamente de un transformador de corriente el cual trabaja conjuntamente. Este trabaja con oxígeno y genera la simulación de la combustión dentro de la cámara del motor de combustión interna, es diseñado y fabricado según las normativas ASTM D240, ASTM D5856. Tiene una capacidad de calor del instrumento de 14400 J, 14500 J/K, y el calorímetro de bomba de oxígeno es adecuado para determinar el valor calorífico de los productos de aceite sin agua (gasolina, jet fuel, diésel, ect.) y material de combustible como carbón. El calorímetro Manual de bomba de oxígeno utiliza una bomba de oxígeno auto sellada, toda la estructura del uso de acero inoxidable, la fuerza es suficiente para soportar la máxima presión generada por la combustión sólida (70 ATM 60 ATM), y puede soportar la presión del combustible líquido generado por la mayor presión, el tubo interior del instrumento está hecho con chapa de acero inoxidable, contiene un barril de agua de 3.000 gramos, cilindro de agua para asegurar la uniformidad de la temperatura del baño de agua del tubo interior. El calorímetro de bomba de oxígeno es un contenedor de agua externa de la capa doble y experimenta cuando se llena de agua, a través del mezclador de agua al cilindro en temperatura uniforme, formado para cumplir con los requisitos de prueba del entorno de temperatura constante.



**Figura 12-3:** Bomba de Calor GDY-A1.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

**Tabla 1-3:** Especificaciones de la bomba calorimétrica

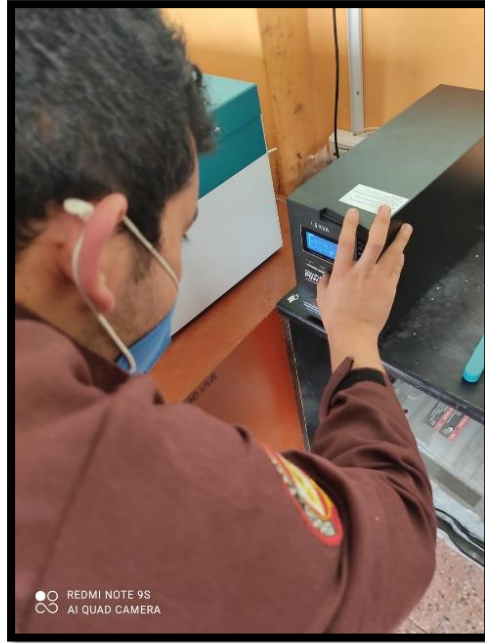
Nombre del producto	Calorímetro de bomba de oxígeno GDY-1A
Capacidad de calor	(14000-15000) J/K
Temperatura de la resolución	0.001 K
Térmico error	≤ 60J/g
Rango de medición de temperatura	10 °C ~ 35 °C
Error de Repetitividad	≤ 0.2% (grados °C)
Presión soportada por una bomba de Oxígeno	20 MPa
La temperatura ambiente	15 °C ~ 28 °C (temperatura) La variación de temperatura durante cada ensayo no debe ser superior a 1 °C
Temperatura de almacenamiento	31
La humedad ambiental	Menos de 85%
Fuente de alimentación	CA (220 ± 5%) V 500 Hz
Consumo total de energía	Menos de 150W
Dimensiones	600mm × 460mm × 430mm (largo × ancho × alto, el ordenador no está incluido)

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.6.3.1 Metodología de utilización de la bomba calorimétrica

La bomba de calorimétrica o bomba de calor es de un uso fundamental para el análisis del poder calorífico del aceite KENDALL SAE 20W50, a continuación, se detallará los pasos necesarios para la realización del análisis de aceite:

- Se debe calibrar correctamente el UPS (transformador de energía) de modo que trabaje a unos 220 v y 500 Hz, estos valores son enviados a la bomba de calor para posteriormente realizar los análisis.



**Figura 13-3:** Se calibra correctamente el UPS.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Se debe colocar 18 g (gramos) de agua en la bomba de calor y depositado por el tapón de desfogue, con la finalidad de generar un buen encendido de la muestra.

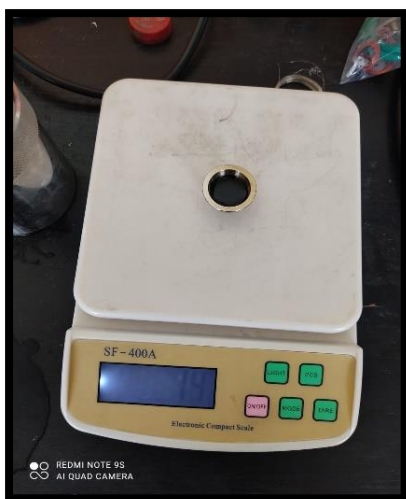


**Figura 14-3:** Se coloca agua en la bomba de calor.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- La utilización de guantes quirúrgicos para la manipulación de las muestras, por motivo que puede generar alergias sobre la piel.
- En una balanza eléctrica se procede a pesar la muestra, este valor se mantiene constante de 2g (gramos) de muestra en un envase de metal.





**Figura 15-3:** Se pesa la muestra en la balanza eléctrica.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Se procede a colocar agua sobre el reservorio donde va colocado el envase de muestra previa con la cantidad de muestra y oxígeno concentrado, de tal manera que este debe tocar el filo de la botella.



**Figura 16-3:** Se coloca agua sobre el reservorio.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- La muestra se le coloca en la base de encendido, seguido la colocación del alambre fusible de extremo a extremo de los reposos de muestra, cabe recalcar que el alambre fusible no debe estar ingresado al interior de la muestra, este debe estar cerca a una distancia aproximada de 0,01 mm.



**Figura 17-3:** Se le coloca la muestra en la base de encendido.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Colocar 10 ml. de agua destilada en el envase tipo rosca, el cual será puesto a baño maría. Y se procede a enroscar la base de muestra con la botella base.



**Figura 18-3:** Se le coloca agua en el envase tipo rosca.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

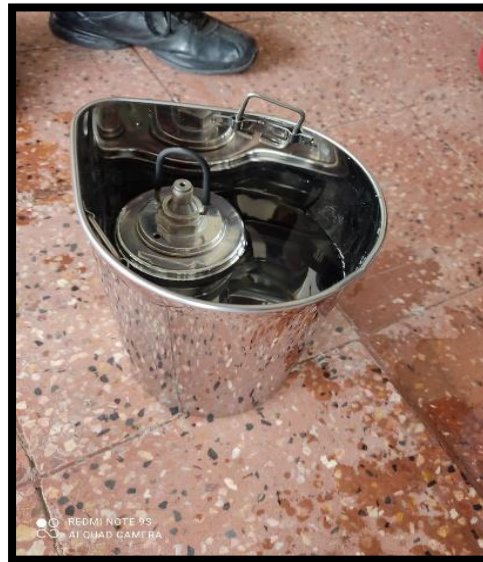
- Se procede a colocar el terminal de oxígeno puro desde el tanque sobre reservorio y dejar pasar aproximadamente a 2,8 MPa y dejar pasar aproximadamente unos 30 s. una vez concluido el tiempo requerido de paso del oxígeno procedemos a cerrar el paso y retiramos del pico de entrada de la botella de muestra.



**Figura 19-3:** Se le coloca oxígeno en el envase tipo rosca.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Se procede a introducir el envase que contiene la muestra con oxígeno concentrado en el reservorio a baño maría, una vez colocado conectados los polos positivos y negativos que va a servir como generación y simulación de la chispa de encendido del motor. Seguido se cierra la tapa y se coloca el termómetro que nos va a controlar la temperatura a la cual está trabajando.



**Figura 20-3:** Se le introduce el envase tipo rosca en el reservorio.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Una vez realizado todos los pasos anteriores se procede a configurar la bomba de calor, donde primero presionamos el botón “reset” para que se caliente la bomba de calor hasta un límite de  $t = 6$  minutos, y se procede a generar el “engine” y esperar aproximadamente

unos 30 minutos el cual va detallando la temperatura del agua a baño maría seguido de la cantidad de calor liberado por la muestra.



**Figura 21-3:** Se enciende la bomba de calor.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Se procede a realizar los cálculos respectivos hasta encontrar el poder calorífico.



**Figura 22-3:** Toma de datos.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Una vez completado el análisis, se procede a retirar el envase de muestra seguido de la purga de oxígeno, que consiste en eliminar todo el aire comprimido dentro del mismo.



**Figura 23-3:** Purga de oxígeno.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

- Resultados de la combustión oxígeno comprimido-muestra de aceite-bomba de calor



**Figura 24-3:** Resultados de la Combustión.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.6.3.2 Cálculos para la obtención del poder calorífico de la muestra previa.

Para los cálculos previos del poder calorífico específico de la bomba de calor, se procede al análisis de una pastilla de ácido benzoico para calibrar la bomba calorimétrica y proceder a

realizar los análisis respectivos.

Fórmula para encontrar la cantidad de calor de la bomba calorimétrica

$$E = \frac{Q1 * M1 + 40}{\Delta T} \quad (5)$$

$$E = \frac{13288,5 \frac{J}{g} * 0,5g + 40}{(20,867 - 19,796)^{\circ}C}$$

$$E = 6213,119 J/^{\circ}C$$

En donde:

Q1 = poder calorífico del ácido benzoico (J/g)

E = capacidad calorífica del instrumento (J/°C)

$\Delta T$  = variación de temperatura

40 = calor adicional (calor del ácido benzoico nítrico del alambre de encendido)

M1 = peso de ácido benzoico (g)

Fórmula y ejemplo para encontrar el poder calorífico de la muestra:

$$Q = \frac{E * \Delta T - 40}{G} \quad (6)$$

$$Q = \frac{6213,119 \frac{J}{^{\circ}C} * (28,857 - 21,006)^{\circ}C - 40}{2 g}$$

$$Q = 24369,597 J/g$$

En donde:

Q = poder calorífico de la muestra (J/g)

E = capacidad calorífica del instrumento (J/°C)

$\Delta T$  = variación de temperatura de la muestra

40 = calor adicional (calor del ácido benzoico nítrico del alambre de encendido), valor estándar.

G = peso de la muestra (g)

### 3.6.4 Análisis y discusión de Resultados

El análisis de resultados de la progresiva degradación dentro del motor de combustión interna, los estudios y análisis del aumento del poder calorífico mediante la utilización de una bomba calorimétrica del aceite SAE 20W50 KENDALL realizado en 3 diferentes tipos de vehículos de transporte público (taxis). La obtención de datos se realizó aproximadamente cada 500 km. de recorrido en cada uno de los vehículos, hasta los 5000 km. momento en el que se efectúa el respectivo cambio de aceite de cada uno de los vehículos. Los datos obtenidos se los analizaba a una temperatura que varía desde los 30°C hasta los 100°C, de igual manera estos resultados fueron comparados con valores tomados de la línea base del lubricante, estableciendo límites de variación que tendrá cada muestra analizada, cabe recalcar que la muestra tomada de los vehículos puesto a prueba no se completaba el faltante ya que se corría el riesgo que este varíe los resultados en cuanto a la degradación del aceite dentro del motor de combustión interna como también al desgaste de piezas o mismo propio de la pérdida de las propiedades internas de dicho aceite de lubricación.

### 3.6.5 Bomba Calorimétrica

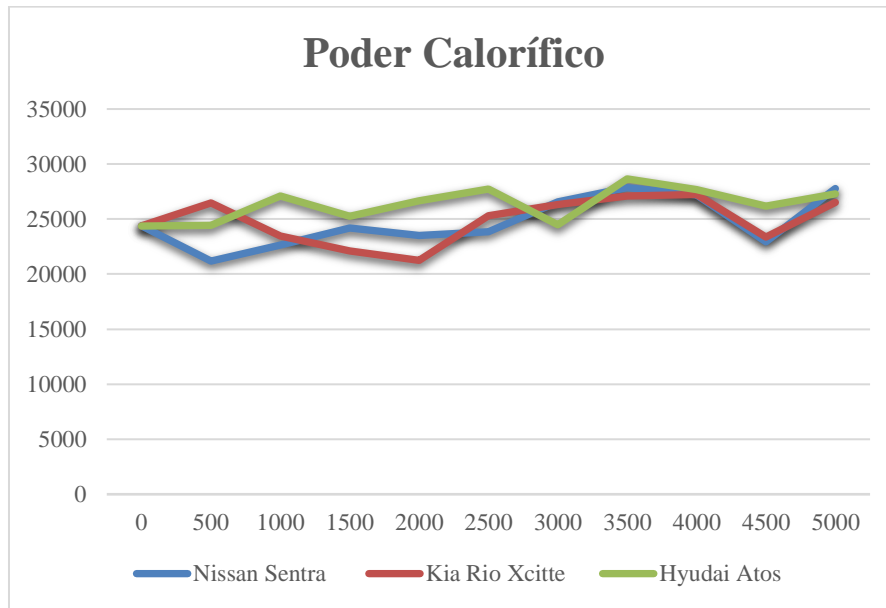
A continuación, se presenta la tabla 3-3, donde se muestran los resultados de las pruebas realizadas con la bomba calorimétrica efectuadas sobre el aceite SAE 20W50 KENDALL en los distintos vehículos puestos a estudio de acuerdo a su kilometraje.

**Tabla 2-3:** Resultados de los análisis del aceite con la bomba calorimétrica.

ANALISIS DEL PODER CALORIFICO						
KILOMETRAJE	Nissan Sentra	U	Kia Rio Xcite	U	Hyundai Atos	U
0	24.369,597	J/g	24.369,597	J/g	24.369,597	J/g
500	21.185,374	J/g	26.488,270	J/g	24.413,089	J/g
1.000	22.651,67	J/g	23.468,695	J/g	27.081,623	J/g
1.500	24.208,056	J/g	22.120,448	J/g	25.239,434	J/g
2.000	23.499,76	J/g	21.250,611	J/g	26.656,337	J/g
2.500	23.841,482	J/g	25.282,925	J/g	27.727,788	J/g
3.000	26.550,402	J/g	26.336,049	J/g	24.459,999	J/g
3.500	27.858,263	J/g	27.078,517	J/g	28.653,542	J/g
4.000	27.177,927	J/g	27.236,951	J/g	27.702,935	J/g
4.500	22.921,94	J/g	23.363,072	J/g	26.183,828	J/g
5.000	27.765,066	J/g	26.541,082	J/g	27.295,976	J/g

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.6.1.1 Poder calorífico



**Gráfico 1-3:** Poder calorífico de los tres vehículos.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Como se muestra en el gráfico 1-3. El poder calorífico de cada uno de los vehículos se mantiene con su inicio en 24.369,597 J/g (Joule/gramos), como en el caso del vehículo NISSAN SENTRA presenta un descenso hasta 21.285,174 J/g en los primeros 500km. de recorrido, a diferencia del vehículo KIA RIO XCITTE se eleva el poder calorimétrico hasta 26.488,270 J/g lo cual lo hace que el poder calorífico en sus primeros 500 km. de recorrido ya tenga una posibilidad de generar un encendido si este entra a la cámara de combustión. De igual manera en el vehículo HYUNDAI ATOS presenta una elevación del poder calorífico hasta 24.413,089 J/g en sus primeros 500 km. de recorrido, este por el contrario presenta una elevación, pero en una variación mínima del poder calorífico. Estos datos obtenidos a lo largo de los 5.000 km. de cada vehículo se mantiene alrededor de 27.765,066 J/g, 26.541,082 J/g, y 27.295,976 J/g respectivamente. Obteniendo así, al concluir con la finalidad de los 5000 km. de recorrido con un análisis experimental que al concluir el ciclo de vida del aceite y este al perder las propiedades internas presentes, podría ser peligroso al combinar el aceite utilizado en el motor con aire comprimido y una chispa de calor. Ya que este podría generar el autoencendido manteniendo por encima del valor normal. Pero gracias al sistema de refrigeración que circula por el motor de combustión interna no presenta grandes cambios y se mantiene en una temperatura normal cumpliendo su misión de lubricar superficies en contacto, evitando rozas y desgastes prematuros. Pero la mayor de sus funciones es refrigerar la cabeza del pistón en su interior este para que no presente fallas y mucho menos el desgaste como bien se sabe que el pistón gracias a la mezcla de aire combustible podría llegar a los 2.000 °C.



### 3.7.2 Fluidscan

A continuación, en la tabla 4-3, tabla 5-3, tabla 6-3. Se presenta los valores emitidos por el dispositivo de medición de aceites del NISSAN SENTRA, KIA RIO XCITTE y HYUNDAI ATOS respectivamente.

**Tabla 3-3:** Valores del aceite KENDALL 20W50 NISSAN SENTRA

Kilómetros (km)	Aglomeramiento de aditivos (%)	Integridad fluida (%)	Glicol (%)	Nitración (abs/cm)	Oxidación (abs/0,1mm)	Hollín (% wt)	Sulfatación (abs/0,1mm)	TBN (mgKOH/g)	Agua (ppm)
0	145	103,4	0,2	0	8,2	0	15	10,1	315
500	98	101,3	0	2,5	9,4	0	16,2	5,9	379
1000	90	102,3	0	3,9	9,8	0	17,1	5,4	832
1500	86	99	0	3,1	10	0	17,5	5,2	290
2000	87	98,2	0	3,4	10,1	0	17,9	4,8	251
2500	87	98,6	0	5,1	11,2	0	18,7	4,5	647
3000	80	98,6	0	5,3	10,8	0	18,9	4,4	658
3500	86	102,6	0	8,1	11,3	0,01	20,1	3,7	1410
4000	79	95,9	0	5,5	11,3	0	19,3	3,8	232
4500	75	95,1	0	6,9	11,9	0,01	20,3	3,2	295
5000	80	94,3	0	9,6	13,6	0,08	23,1	2,5	670

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

**Tabla 4-3:** Valores del aceite KENDALL 20W50 KIA RIO XCITTE

Kilómetros (km)	Aglomeramiento de aditivos (%)	Integridad fluida (%)	Glicol (%)	Nitración (abs/cm)	Oxidación (abs/0,1mm)	Hollín (%wt)	Sulfatación (abs/0,1mm)	TBN (mgKOH/g)	Agua (ppm)
0	145	103,4	0,2	0	8,2	0	15	10,1	315
500	102	99,2	0	2,1	9,4	0	16,1	6	166
1000	96	98,3	0	3,4	9,8	0	17	5,5	309
1500	155	86,3	0	5,7	15,7	0,33	29,1	7,9	818
2000	109	67,6	0	7,4	15,5	0,1	27,6	6,8	836
2500	131	65,2	0	7,3	14,9	0	24,7	6,4	275
3000	83	100	0	8,7	11,8	0,13	20,4	3,6	323
3500	66	91,4	0	7,7	11,7	0	19,2	3,5	113
4000	93	91,6	0	9	11,8	0,05	20,1	3,5	190
4500	107	91,4	0,1	13	14	0,3	26,1	2,4	505
5000	85	92,5	0	9,8	13,2	0,05	21	3,3	431

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

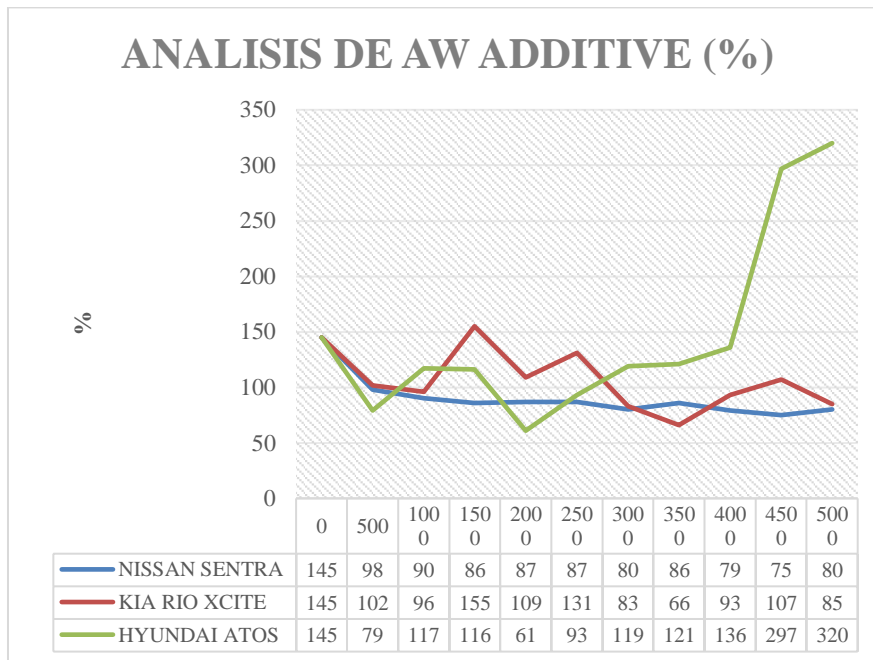
**Tabla 5-3:** Valores del aceite KENDALL 20W50 HYUNDAI ATOS

Kilómetros (km)	Aglomeramiento de aditivos (%)	Integridad fluida (%)	Glicol (%)	Nitración (abs/cm)	Oxidación (abs/0,1mm)	Hollín (%wt)	Sulfatación (abs/0,1mm)	TBN (mgKOH/g)	Agua (ppm)
0	145	103,4	0,2	0	8,2	0	15	10,1	315
500	79	97,3	0	9,7	12,4	0,33	23,6	4,4	644
1000	117	99,3	0,3	19,2	15	0,22	25,9	1,6	993
1500	116	91,1	0,3	20,2	16,2	0,26	29,2	0,16	1316
2000	61	96,6	0	19,5	13,3	0	18,7	0,5	538
2500	93	95,6	1,6	19,7	14,1	0	20,8	0,4	837
3000	119	88,6	0,6	20,7	14,5	0	23,9	1	932

3500	121	93,8	0,4	22,8	16,2	0,05	24,9	0,2	615
4000	136	78	0	26,2	19	0,41	33,6	2,6	569
4500	297	84,5	5,4	27	20,5	0,59	36,9	0,9	1577
5000	320	95,3	6,4	27,4	22,1	0,62	37,5	0,72	1682

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

### 3.7.2.1. Aglomeración de aditivos



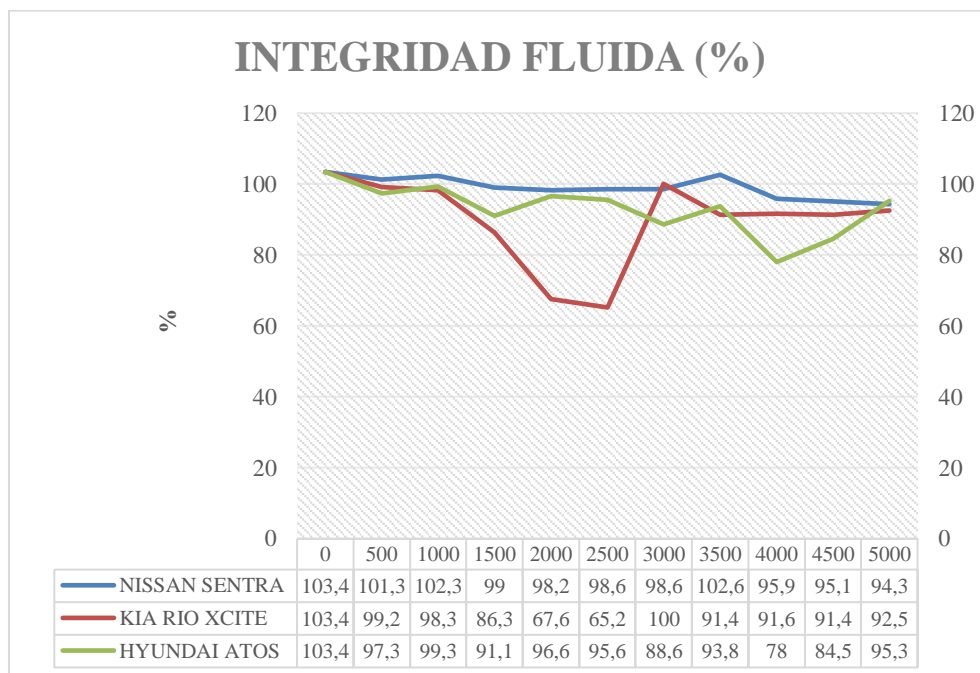
**Gráfico 2-3:** Aglomeración de aditivos.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Como se muestra en el gráfico 2-3, el porcentaje de aglomeración de aditivos inicial del aceite nuevo sin usar es de 145%, teniendo como resultado que los primeros 500 km. de recorrido del NISSAN SENTRA disminuye hasta un 98% lo cual se le considera como un buen uso de aditivos, seguido del vehículo KIA RIO XCITTE parcialmente, este disminuye hasta un 102% en el porcentaje de aditivos presentes al inicio y del vehículo HYUNDAI ATOS este disminuye hasta un 79% de aditivos, dándonos a ver que este sufre un cambio drástico de descenso del porcentaje de aditivos presentes en el aceite KENDALL 20W50. Cabe recalcar que este análisis fue utilizado en tres tipos de vehículos tipo taxis, en condiciones iguales de trabajo diario, y uso constante del motor encendido hace que se note la gran diferencia en cuanto a la eficiencia del motor. Finalmente, al concluir los 5.000 km. de recorrido en cada uno de los vehículos tanto como en el NISSAN SENTRA como en el KIA RIO XCITTE se mantienen en un valor normal de 80-85% respectivamente, lo que no ocurre en el Vehículo HYUNDAI ATOS que este valor se dispara hasta 320% lo que nos da a entender que el aceite ya no se encuentra en sus condiciones

óptimas y debe ser reemplazado. (Barrera, R. 2021), menciona que, los análisis realizados se hacen notar la calidad del aceite y el estado del motor, “Posteriormente durante los últimos 1000 km de recorrido se observa que su valor asciende hasta el 117% lo cual llama mucho la atención, pues es dónde el aceite lubricante ya no está apto para el motor y se deberá realizar el cambio, estos valores elevados pueden ser debido a que en este punto el aceite ya se encuentra muy degradado y con la presencia de varios contaminantes que podrían inferir en el número alto de aglomeración de aditivo”.

### 3.7.2.2. Integridad Fluida



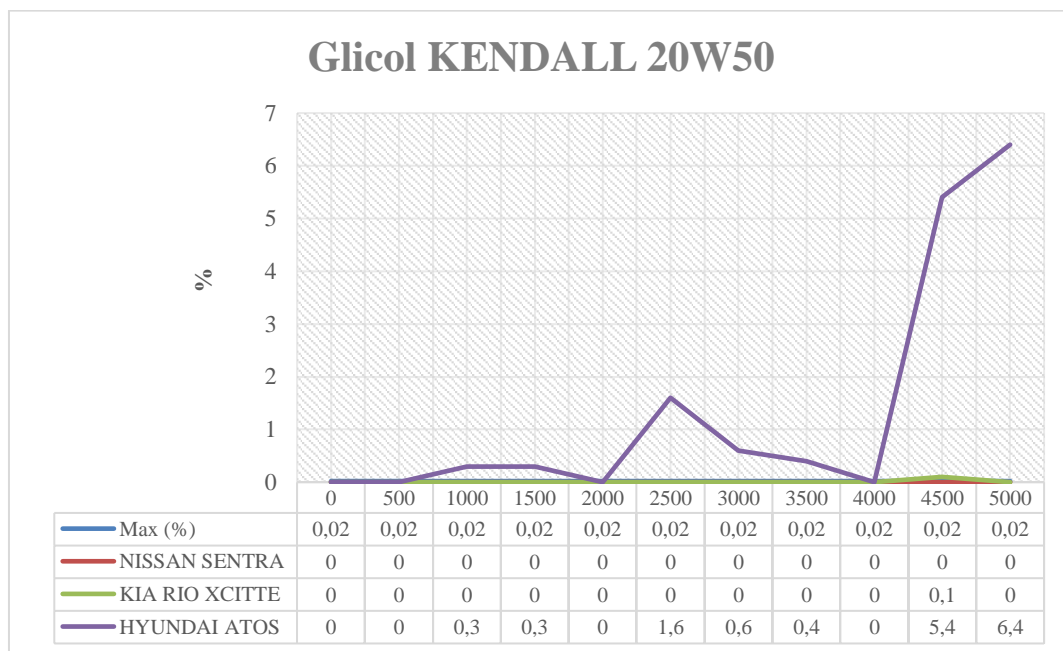
**Gráfico 3-3:** Porcentaje de Integridad fluida.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Como se muestra en el gráfico 3-3, se identifica el porcentaje de integridad fluida dando como inicio en el aceite KENDALL 20W50 nuevo sin usar con un valor de 103,4% de integridad. Posteriormente se puede apreciar que en los primeros 500 km. de recorrido reduce su valor progresivamente dándonos un valor de 101,3% para el NISSAN SENTRA, 99,2% para el KIA RIO XCITE y finalmente un valor de 97,3% para el vehículo HYUNDAI ATOS. Seguido de cada uno del kilometraje de recorrido sigue su curso de descenso, pero en el caso del KIA RIO XCITE sufre un cambio brusco con respecto a sus valores a partir del kilometraje de 2.000 km hasta 3.000 km. de recorrido y se mantiene fluctuando en cuanto a sus valores normales. Dándonos a entender que existe la presencia de contaminantes que afectan en cuanto a la integridad fluida dentro del motor de combustión interna. Como es el caso del vehículo HYUNDAI ATOS, este se mantiene fluctuando y cada 500 km. de recorrido este va perdiendo

aproximadamente un 15% de la integridad de fluido presentes en el aceite. (Barrera, R. 2021), hace referencia a los estatutos de posibles contaminantes que afectan a la integridad fluida del aceite de lubricación. “Tal como la prueba anterior en los últimos 1000 km de recorrido el aceite lubricante presenta valores diferenciadores y también se estima que se debe a la presencia de contaminantes producto de la combustión y otros elementos los cuales causan que el aceite pierda progresivamente su integridad fluida, es decir se haga más espeso”.

### 3.7.2.3. Glicol



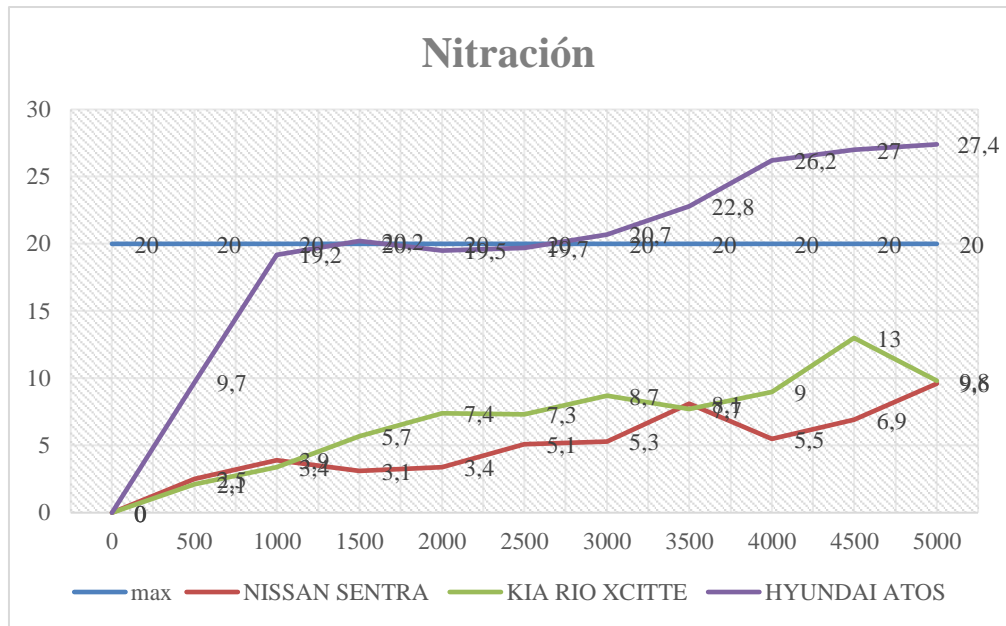
**Gráfico 4-3:** Porcentaje de glicol del aceite Kendall 20W50.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Como se puede apreciar en el gráfico 4-3, se muestra los valores normales de glicol presentes en el aceite SAE 20W50 marca KENDALL, que el valor inicial hace referencia al valor máximo de glicol presentes en el aceite que equivale a un valor de 0,02 % (>2.000 ppm), como se puede observar en los valores generados mediante el análisis, respecto al vehículo NISSAN SENTRA se mantiene un valor de cero el valor del glicol en todo el recorrido, no obstante a los valores del vehículo KIA RIO XCITE que fluctúa a los 4.500 km. de recorrido a un valor de 0.1% de glicol presente en el aceite dentro del motor. A diferencia del vehículo HYUNDAI ATOS presenta una variación de datos y llega hasta los 0,3 % de glicol en los kilometrajes de 1.000 km y 1.500 km. respectivamente. y finalmente posterior se llega a elevar severamente en el kilometraje 2.500 km. y al concluir el ciclo de vida del aceite SAE se eleva a 5,4% y 6,4% generando una anomalía del funcionamiento del motor, perdiendo así las propiedades del aceite, dado por medio de contaminantes tanto al interior del motor de combustión interna como también

exterior, como, por ejemplo: el aire, partículas de polvo, etc. Como menciona (Barrera, R. 2021), “el análisis realizado, la cantidad de glicol varía entre 0,2% (2000 ppm), sufre un descenso hasta un 0,1% (1000ppm) en el cual en el kilometraje 1.000 km. de recorrido sufre un cambio brusco hasta 0,4 % (4000 ppm), seguido se mantiene constante en 0,1% (1000 ppm). Finalmente asciende de una manera normal hasta un 0,2% (2000 ppm), y hasta al concluir se mantiene en 0,1% (1000 ppm)”.

#### 3.7.2.4. Nitración



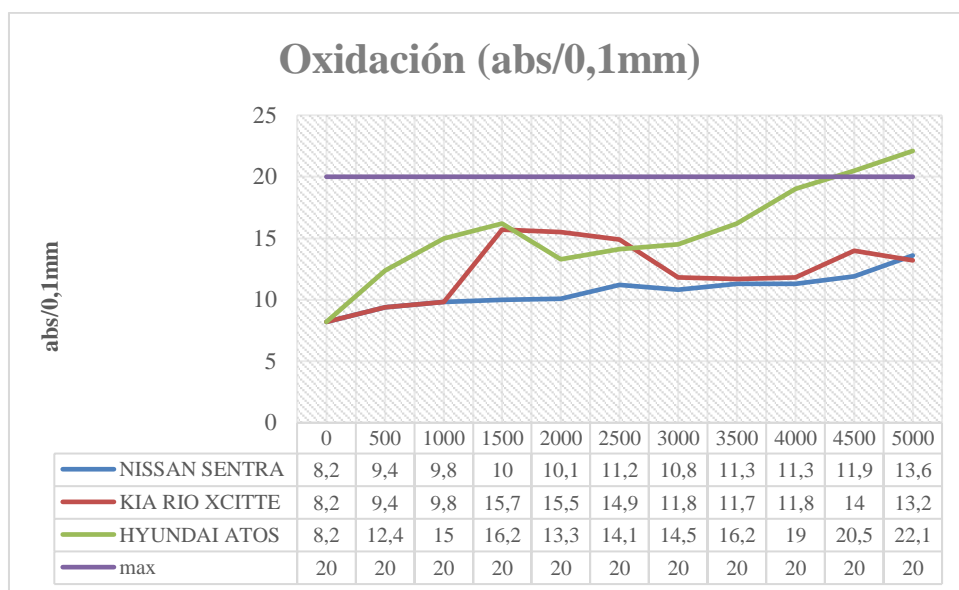
**Gráfico 5-3:** Nitración de cada uno de los vehículos.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

Como se observa en el gráfico 5-3. Se presenta los datos de la nitración de cada uno de los vehículos haciendo la referencia comparativa con las condiciones normales dados por el manual que es 20 abs/cm (absorbancia/longitud de onda), que nos delimita el máximo valor permitido. El vehículo NISSAN SENTRA en todo su recorrido va incrementando el valor de la nitración a lo largo de 2,4 (abs/cm) en sus primeros 500 km. de recorrido, concluyendo su finalización a los 5.000 km. de recorrido obteniendo un valor normal de 9,6 (abs/cm), se considera un valor normal por la razón que se encuentra por debajo del valor máximo permitido. En referencia al vehículo KIA RIO XCITE, los valores se encuentran más elevados a diferencia del vehículo anterior, dando un inicio a sus 500 km. de recorrido un valor de 2,5 (abs/cm), en donde a través de todo el recorrido fluctúa notablemente por valores altos hasta llegar a su finalización de ciclo de vida del aceite es decir hasta los 5.000 km. de recorrido con un valor cercado al del vehículo anterior dando como resultado un valor de 9,8 (abs/cm). No obstante, como se puede observar en el vehículo HYUNDAI ATOS, los valores a partir 1.000 km. de recorrido se dispara

notablemente por valor excedidos al valor permitido llegando así hasta la finalización del cambio de aceite con un valor excedido del valor normal de 27,4 abs/cm, con lo que se logra llegar a la conclusión que con respecto a la nitración, este vehículo se encuentra en mal estado, ya sea por el estado del motor, o las condiciones de trabajo. (Barrera, R. 2021) menciona que “valores elevados sería un indicativo de altas temperaturas de combustión lo que generaría eminentes NOx (óxidos de nitrógeno) que contaminan el aceite generando su rápida degradación mediante la acelerada formación de lodos y barnices, además los segmentos del pistón y el cilindro se encuentran en buen estado pues su desgaste también influye a elevadas concentraciones de nitración”.

### 3.7.2.5. Oxidación



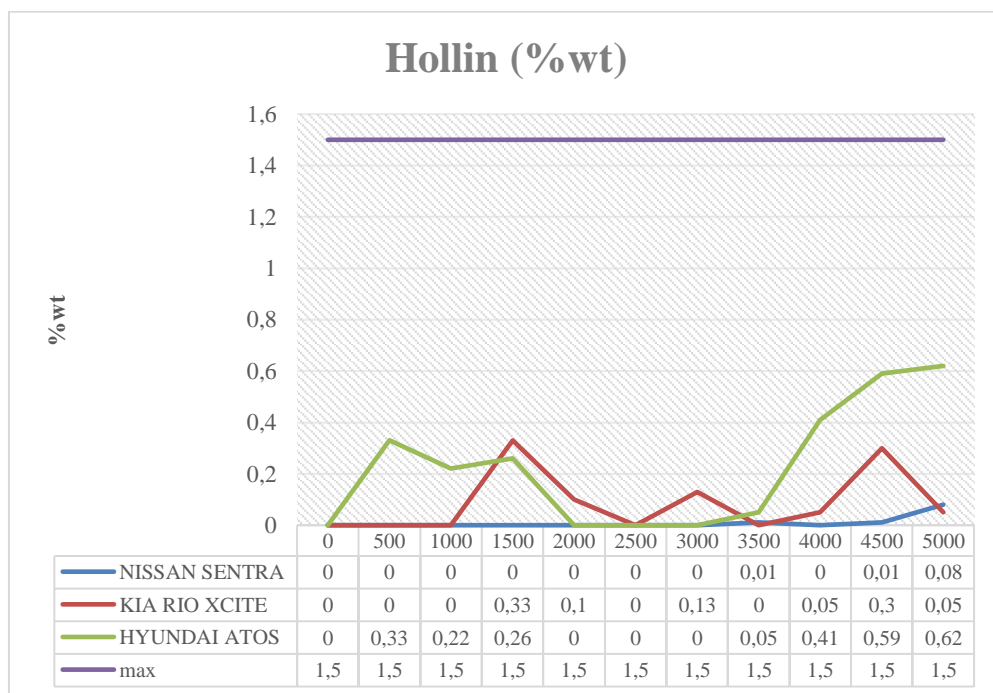
**Gráfico 6-3:** Oxidación vehicular.

**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

Como se puede observar en el gráfico 6-3. Muestra el máximo permitido de la oxidación presente en los vehículos en funcionamiento teniendo un valor nominal de 20 abs/0,1mm (absorbancia/longitud de onda referente a 0,1mm), el estado inicial a los 0 km. del aceite en uso, su valor se inicia en 8,2 abs/0,1mm, referente al vehículo NISSAN SENTRA se mantiene una elevación de oxidación hasta los 9,4 abs/0,1mm en sus primeros 500 km. de recorrido y continuamente se mantiene aumentando su valor hasta 13,6 abs/0,1mm es en donde se cumple el ciclo de vida del aceite dentro del motor, cabe recalcar que los valores se encuentran dentro del rango permitido. Continuando con el vehículo KIA RIO XCITE del valor normal a los 0 km, este aumenta en su valor hasta 9,4 abs/0,1mm en sus primeros 500 km. de recorrido. Luego, a los 1.500 km. de recorrido es en donde sufre un ascenso drástico hasta los 15,7 abs/0,1mm y se mantiene en valores muy cercanos a este, no obstante a los 3.000 km. de recorrido, desciende

nuevamente hasta el valor de 11,8 abs/0,1mm hasta concluir el ciclo de vida del aceite, es decir, los 5.000 km. de recorrido con un valor de 13,2 abs/0,1mm dato permisible que se encuentra por muy debajo de valor permitido. Con respecto al vehículo HYUNDAI ATOS el valor marcado en los primeros 500 km. de recorrido es de 12,4 abs/0,1mm y se mantiene constantemente en aumento hasta la finalización del ciclo de vida del aceite, es decir hasta los 5.000 km de recorrido con un valor de 22,1 abs/0,1mm donde se puede apreciar un valor muy por encima del valor de oxidación permitido dando a entender que en el motor de combustión interna tiene mucha anomalía en cuanto a su funcionamiento. (Barrera, R. 2021) hace referencia que “según su valor máximo de oxidación de la muestra a 5000 km de recorrido se establece que se encuentra dentro del rango permitido, por lo que el motor no sufriría desgaste por oxidación, ya que valores elevados indicarían altas temperaturas de combustión y alta presencia de oxígeno”.

### 3.7.2.6. Hollín



**Gráfico 7-3:** Presencia de hollín en el aceite.

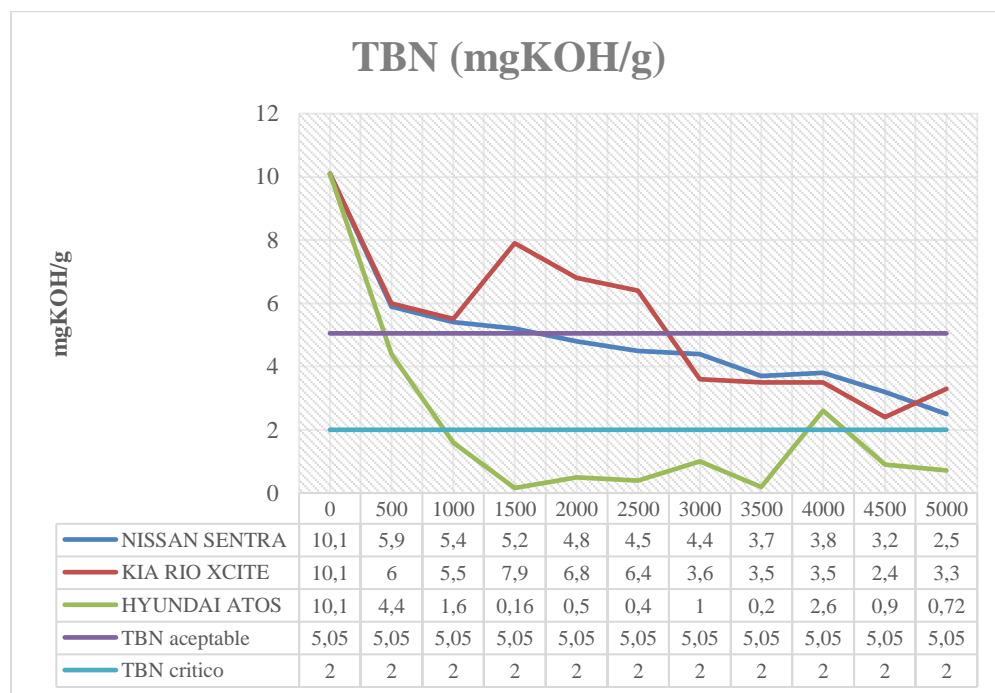
**Realizado por:** Lema, J, Villacis, A. 2021.

En el gráfico 7-3. Muestran los valores exportados por el Fluidscan de la presencia de hollín en el aceite de cada uno de los vehículos, sobre todo resaltar el valor permitido máximo que es de 1,5%wt de presencia del hollín en el aceite. Con respecto al vehículo NISSAN SENTRA no presenta una elevada cantidad de hollín y este fluctúa entre 0 y 0,08 %wt presente en el aceite. A diferencia del vehículo KIA RIO XCITE, este varía en los 1.500 km de recorrido dando un valor de 0,33 %wt presente en el aceite, sufre un descenso de la presencia de hollín y se



mantiene en un valor normal de 0,3 %wt. Con respecto al vehículo HYUNDAI ATOS los valores emitidos son a causa del mal estado del motor, o simplemente en las condiciones de trabajo y del clima en el cual se encuentra trabajando, los valores varían entre 0,05 y 0,62 %wt en todo el recorrido. Cabe resaltar que cada uno de los vehículos se encuentran por muy debajo del valor permitido de presencia de Hollín en el aceite en todo su recorrido hasta completar el ciclo de vida del mismo. (Barrera, R. 2021) menciona a comparativa del mismo los valores detallados son aceptables y cerca del 5% crítico, el máximo valor de las muestras ha sido de 0,62%, indicativo que no se genera desgaste en el motor, “No trabaja a altas temperaturas en la cámara de combustión, su filtro está en buen estado, y su compresión es correcta, por lo tanto, se encuentra en condiciones normales de funcionamiento”.

### 3.7.2.7. TBN



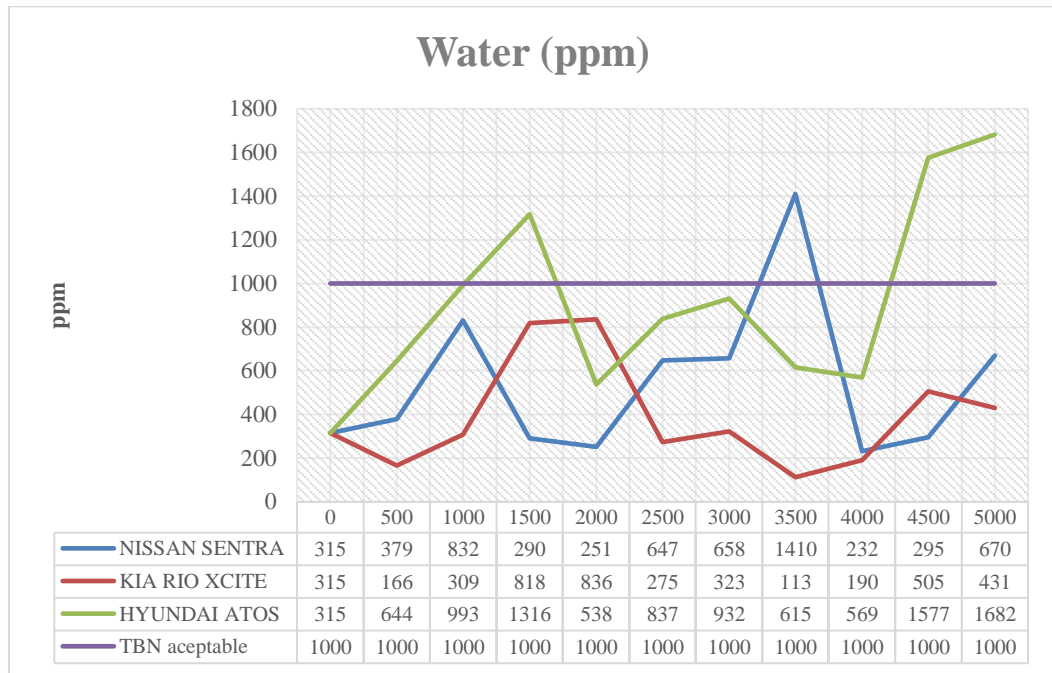
**Gráfico 8-3:** Número básico total vehicular.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

En el gráfico 8-3. Se muestran valores detallados de la presencia del numero básico total dados en mgKOH/g (miligramo de hidróxido de potasio que contiene un gramo de aceite), se presenta valores tanto aceptables como valores que presentan un estado crítico referente al estado del aceite como al funcionamiento del motor de combustión interna. En un estado normal del aceite a sus 0 km. de recorrido el TBN presente en el aceite es de 10,1 mgKOH/g. con respecto al vehículo NISSAN SENTRA presenta una disminución en cada muestra tomada empezando a sus 500 km. de recorrido con un valor de 5,9 mgKOH/g, y la continuación de descenso en un

18% por cada muestra hasta completar el ciclo de vida del aceite que nos da un valor de 2,5 mgKOH/g., el cual se encuentra por debajo de TBN aceptable y por encima del TBN crítico lo cual se considera el estado del aceite que trabaje en un estado poco aceptable y de considerar. A diferencia del vehículo KIA RIO XCITE los valores presentan una fluctuación muy drástica en cuando a cada una de las muestras tomadas a lo largo de los 5.000 km. de recorrido. En los primeros 500 km, recorrido sufre un descenso drástico del valor normal el cual detalla fallas en cuanto al aceite. Dando como resultado al finalizar el ciclo de cambio de aceite nos da un valor de 3,3 mgKOH/gel cual es considerado cuasi normal al valor de TBN aceptable. En cuanto sobre el vehículo HYUNDAI ATOS, en los primeros 500 km. de recorrido ya presenta un serio problema ya que data un valor de 4,4 mgKOH/g, este valor se encuentra por muy debajo de lo aceptable e incluso al finalizar el ciclo de vida del aceite llega a ser muy crítico el valor de TBN presente en este vehículo por lo que se determina que trabaja a altas temperaturas de combustión o elevadas concentraciones de azufre en el combustible. Pero sobre todo este vehículo tipo taxi presenta valores críticos por la razón que trabaja día y noche sin descanso, entonces tiene mucha más facilidad a sufrir desgastes prematuros y la presencia de contaminantes en cuanto al aceite y al motor. (Barrera, R. 2021) menciona que en cuanto al valor del TBN, *“Se observa además un comportamiento normal pues si el valor TBN se mantiene en valores elevados y no decrece permitiría la formación de depósitos de cenizas sulfatadas en la cámara, corona, anillos, asiento de válvulas y pistón. Este índice TBN debe ir decreciendo progresivamente mediante el aumento del kilometraje hasta aproximadamente la mitad de su valor inicial que sería 5,05 mgKOH/g y no bajar de un mínimo de 2 mgKOH/g”*.

3.7.2.8. Presencia de agua en el aceite



**Gráfico 9-3:** Presencia de agua en el aceite.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

Como se puede apreciar en el gráfico 9-3. Se encuentra los datos detallados de la presencia de agua en el aceite durante su funcionamiento, seguido del valor normal permitido 1000 ppm (partes por millón), se observa que al inicio el aceite presenta un valor de 315 ppm. En comparativa del vehículo NISSAN SENTRA en sus primeros 500 km. de recorrido este presenta aumento en cuanto a la presencia de agua en el aceite donde data un valor de 379 ppm. seguidos a los 1.000 km. de recorrido, este valor sufre un ascenso drástico hasta marcar un valor de 832 ppm. A partir de este valor desciende en valores por muy debajo de los 400 ppm hasta el kilometraje de 3.500 km. de recorrido en donde se eleva hasta un 1410 ppm, eso quiere decir que sobrepasa el nivel de agua en el aceite a causa de posibles fallas del empaque de la culata o la presencia de partículas del medio ambiente que ingresan al interior del vehículo. A diferencia del vehículo KIA RIO XCITE este fluctúa valores por muy debajo de la cantidad de agua permitido. En sus primeros 500km. de recorrido el valor desciende hasta 166 ppm en la cantidad de agua del aceite. Seguido a sus 1.000 km. de recorrido es cuando sufre una elevación de 143 ppm de diferencia, y seguido al kilómetro 1.500 nuevamente se eleva drásticamente hasta en 818 ppm, de acuerdo a las conclusiones permisibles se puede llegar a considerar la presencia de agua en el aceite por la infiltración del clima de la sierra y neblinas. Dando finalmente un valor de 431 ppm llegando al punto final del cambio de aceite del vehículo. En comparativa del

vehículo HYUNDAI ATOS los valores presentes datan un mal funcionamiento del aceite en cuanto al funcionamiento del motor, ya que existe la presencia de grandes cantidades de agua, a partir del kilometraje 1.500 de recorrido este sufre una elevación por encima del valor permitido dando como resultado un valor de 1316 ppm, de igual manera la presencia de más datos por encima del valor normal como es a los 4.500 km de recorrido nos da un valor de 1577 ppm y finalizando el ciclo de vida del aceite durante la degradación dentro del motor de combustión interna nos da un valor de 1682 a los 5.000 km. de recorrido. Como se menciona anteriormente este problema puede ser por la falla de sellos de empaques del motor o alguna superficie que pueda ser infiltrada el agua durante su funcionamiento.

(Barrera, R. 2021), hace referencia sobre *“La presencia de agua en el aceite lubricante se considera normal siempre y cuando no exceda el máximo de 1000 ppm o presente grandes moléculas, en este caso se mantiene bajo del rango máximo, consecuentemente no producirá oxidación o corrosión en las piezas, especialmente en cojinetes y rodamientos”*.

### 3.7.3 Densidad en el equipo DMA 35

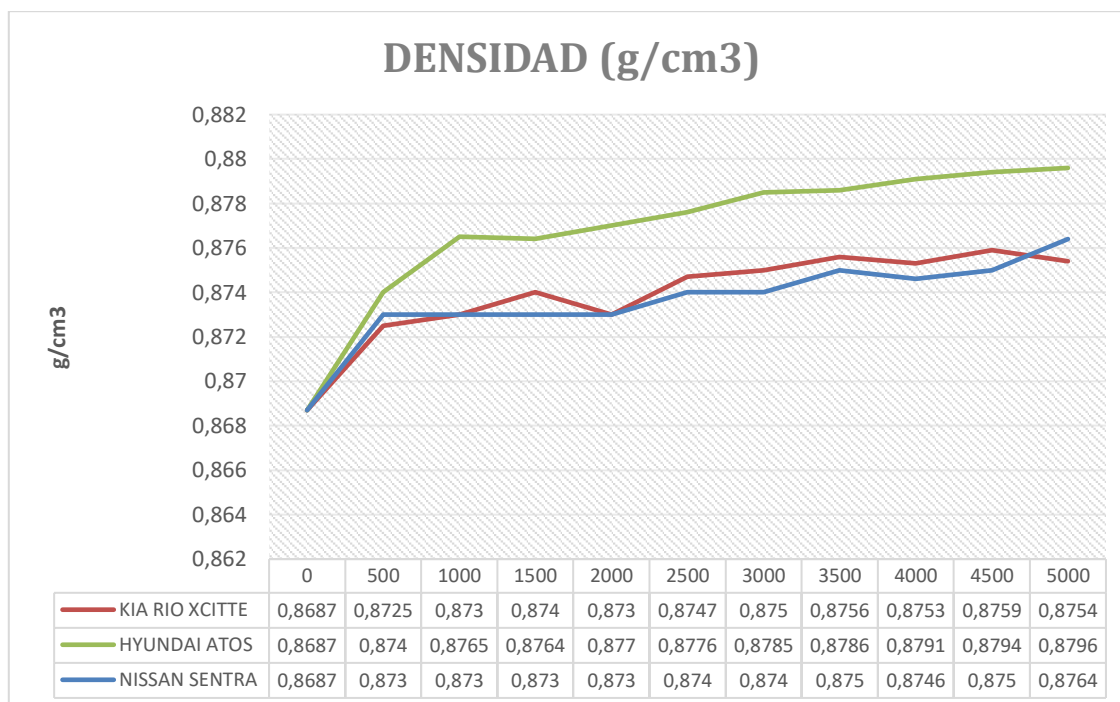
Los resultados obtenidos mediante la utilización del instrumento de medición DMA 35, donde se obtuvo parámetros de densidad en  $\text{g/cm}^3$ , en función de la temperatura, cada una de las muestras se detalla a continuación en la tabla 7-3.

**Tabla 6-3:** Resultados de la densidad del aceite KENDALL SAE 20W50

Kilometraje	Densidad $\text{g/cm}^3$	Densidad $\text{g/cm}^3$	Densidad $\text{g/cm}^3$
	NISSAN SENTRA	KIA RIO XCITE	HYUNDAI ATOS
0	0,8687	0,8687	0,8687
500	0,873	0,8725	0,874
1000	0,873	0,873	0,8765
1500	0,873	0,874	0,8764
2000	0,873	0,873	0,877
2500	0,874	0,8747	0,8776
3000	0,874	0,875	0,8785

3500	0,875	0,8756	0,8786
4000	0,8746	0,8753	0,8791
4500	0,875	0,8759	0,8794
5000	0,8764	0,8754	0,8796

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.



**Gráfico 10-3:** Densidad vehicular mediante toma de datos por el dispositivo DMA 35.

Realizado por: Lema, J, Villacis, A. 2021.

En el gráfico 10-3. Se aprecia los valores de la densidad de cada uno de los vehículos el cual cada uno de ellos presenta un aumento en cuando al valor normal de 0,8687 g/cm<sup>3</sup> detallado en el aceite a 0 km. de recorrido. En el vehículo NISSAN SENTRA, en el aumento de la densidad no existe mucha variación que data desde sus primeros 500km. de recorrido, un valor de 0,875 g/cm<sup>3</sup> y cada muestra tomada sufre un ascenso no notable hasta la finalización del cambio de aceite a los 5.000 km. de recorrido que data un valor de 0,8754 g/cm<sup>3</sup> el cual no lo hace muy espeso o muy denso para el correcto funcionamiento del motor durante su recorrido. En cuanto al vehículo KIA RIO XCITTE su elevación fue más notable ya que a los primeros 500 km. de recorrido este data un valor de 0,874 del valor normal, y durante todo el transcurso del ciclo de vida del aceite este sufre un aumento de densidad hasta un 0,8796 g/cm<sup>3</sup> lo que podemos detallar que se debe a la presencia de partículas extrañas o contaminantes al aceite dentro del motor durante su degradación siendo este mucho más denso que el resto de vehículos analizados. No

obstante, con el vehículo HYUNDAI ATOS se pudo apreciar que la densidad en cada muestra tomada se hace notar ya que se eleva constantemente hasta ser considerado el segundo más denso que los vehículos anteriormente mencionados durante el estudio y análisis. Completando finalmente su cambio de aceite con un valor de  $0,8764 \text{ g/cm}^3$  el cual en cuanto a su funcionamiento es considerado normal durante su funcionamiento dentro del motor. (Barrera, R. 2021) menciona que *“Debido a que los valores de densidad se mantienen dentro del rango normal, aunque se espese a medida que aumenta el kilometraje producto de contaminantes como hollín u otras partículas, no genera desgaste en el motor pues se encuentra dentro de los límites permisibles”*.

## CONCLUSIONES

Para el poder calorífico presente en cada uno de los vehículos con el aceite KENDALL SAE 20W50 puestos a prueba se determinó mediante el análisis de una bomba calorimétrica enviado la corriente y frecuencia de un transformador de corriente a 220v y 500 Hz respectivamente, refutando la hipótesis propuesta inicialmente, el poder calorífico presente en el aceite en los diferentes tipos de vehículos tipo taxis, este fue incrementando su valor al transcurrir cada muestra de 500 km. de recorrido. Dando como resultado que en el NISSAN SENTRA presenta una variación de 3395,469 J/g (Joule/gramo) respecto a su dato inicial, con respecto al vehículo KIA RIO XCITTE presenta una variación de 2171,485 J/g (Joule/gramo) respecto al inicial, y finalmente el valor del vehículo HYUNDAI ATOS presenta una variación de 2926,379 J/g (Joule/gramo) respecto al valor inicial. Dando como conclusión que el aceite puede llegar a ser inflamable a la presencia de aire comprimido y una chispa de fuego, es decir mientras más se va degradando el aceite dentro del motor de combustión interna este aumenta la concentración de inflamabilidad.

Se fundamentó teóricamente las propiedades internas del aceite de marca KENDALL SAE 20W50. A comparativa de cada uno de los vehículos respecto al valor nominal que data de documento abalados científicamente nos muestra que durante la degradación dentro del motor de combustión interna este dio como resultado una variación notable para cada una de las propiedades debido a la presencia de contaminantes presentes en el aceites los cuales se puede mencionar la contaminación mediante el aire en la muestra, partículas amenas al aceite, etc. Seguido a la comparativa de estudios similares y revisión de artículos referentes al tema propuesto.

Se recolectó cada una de las muestras propuestos en cada uno de los vehículos puestos a estudio, la recolección de la cantidad propuesta se lo determino por medio de la utilización de un método de extracción: manguera y jeringa de 10ml. El depósito del aceite extraído se lo coloco en una muestra netamente esterilizada sellada, cabe recalcar que cada una de las muestras se lo realizó cada 500 km. de recorrido de cada uno de los vehículos tipo taxi, posteriormente se procedió a realizar análisis y estudios de laboratorio mediante la utilización de equipos especializados con la finalidad de determinar el aumento del poder calorífico y la perdida de propiedades internas.

La interpretación y comparativa de cada una de las propiedades internas fundamentales de las muestras de aceite durante la degradación del mismo, como el aumento del poder calorífico del

aceite KENDAL SAE 20W50 dentro del motor de combustión interna se enmarco de una manera satisfactoria, pues se notó que, al aumentar el kilometraje en recorrido este presentaba una elevación en cuando al valor nominal de inicio, es decir a los 0 km dando como pauta para el reconocimiento de variables. de recorrido, y finalmente a lo largo del uso de aceite durante el recorrido y finalización del ciclo de vida del mismo, es decir, los 5.000 km. este procedía a perder sus propiedades internas el cual en el vehículo. El comparativa al vehículo Hyundai Atos 2008 perdió mucho más rápido sus propiedades dando a pensar que tiene un serio problema dentro del mismo motor de combustión interna ya sea por lo que presenta mayor uso, desgaste de piezas internas y un sobrecalentamiento. Así como una variación de propiedades internas durante cada 500 km. de recorrido, estas propiedades se los conoce como, el TBN que representa la cantidad de aditivo de reserva base que contiene cada uno de los aceites. La presencia de hollín en los aceites y este se produce por la presencia de una mezcla pobre por la presencia de una gran cantidad de combustible que entra a la cámara de combustión y consecuencia de este se genera en el aceite por su propiedad de refrigeración a la cabeza del pistón. La presencia de sulfatación, oxidación y nitración en cada uno del aceite por la presencia de anomalías dentro del funcionamiento del motor de combustión interna. De igual manera el porcentaje (%) de aditivos presentes durante todas las muestras al finalizar el ciclo de vida del aceite hasta su cambio dentro del motor.



## **RECOMENDACIONES**

Realizar periódicamente revisiones del vehículo tanto predictivas como correctivas que por tal motivo mediante el análisis de la bomba calorimétrica se determinó que el poder calorífico del aceite KENDALL SAE 20W50 durante la degradación dentro del motor de combustión interna va aumentando su valor en cuanto a la cantidad de inflamación del mismo. Es por tal motivo que a la presencia de aceite dentro de la cámara de combustión este se quema junto con la mezcla de aire-combustible y genera el famoso humo azul.

Con respecto a la recolección de las muestras necesarias en cada uno de los vehículos, este se lo debe realizar de una manera prudente, que por motivo del medio ambiente este puede generar contaminación una vez expuesto, ya sea por medio el aire, partículas de polvo o sustancias amenas al aceite de lubricación, y con respecto al almacenamiento del aceite extraído de cada uno de los vehículos se lo debe colocar en un recipiente netamente esterilizado, colocar la etiqueta respectiva y realizar un embalaje correcto con cinta adhesiva con la finalidad de evitar la filtración de aire que pueda generar datos erróneos.

Para el análisis sobre la bomba calorimétrica se recomienda el uso de cambio de agua en cada muestra realizar, ya que si no lo hace este podría variar excesivamente los valores diferentes a lo normal, la utilización de guantes quirúrgicos para la manipulación de cada muestra a analizar ya que la piel se encuentra en contacto directo con el aceite utilizado en el motor de combustión interna por tal motivo se puede encontrar residuos de limallas que puedan incrustar sobre la piel, de igual manera el aceite y los residuos de la combustión puede generar alergias o algún tipo de infecciones sobre el ser humano.

Para el análisis, interpretación y discusión de resultados, se recomienda la búsqueda de valores normales dados por documentos abalados científicamente en análisis y estudios de laboratorio referente al estudio del aceite sometido a análisis, la tabulación de datos se realizó mediante una comparativa de cada uno de los vehículos con respecto a valores nominales detallados en fichas técnicas del aceite KENDALL SAE 20W50.

## BIBLIOGRAFÍA

**AVILA, J.** *Determinación del desgaste de los elementos mecánicos del motor mediante el análisis de aceite usado.* [en línea], Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8281/1/14004.pdf>.

**AYALA, J.L.** *Valoración energética del aceite lubricante usado en sistemas térmicos de combustión de la industria cementera ecuatoriana.* *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, vol. 1, no. 2, pp. 60-70. DOI 10.37135/unach.ns.001.02.07.

**BELTRÁN, A. y GUERRERO, Y.** *Elaboración de manual y procedimientos de la bomba calorimétrica PARR 6300 de la Universidad de La Salle para la determinación del poder calorífico de muestras sólidas de interés ambiental.* [en línea], Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria).

**BUHELLI CARPIO, L. y GARCIA GRANIZO, V.** *Detección temprana de fallas en motores de combustión interna a diesel mediante la técnica de análisis de aceite / The use of using oil analysis for early detection of faults in diesel internal combustion engines.* *Ciencia Unemi*, vol. 8, no. 15, pp. 84-95. ISSN 1390-4272. DOI 10.29076/issn.2528-7737vol8iss15.2015pp84-95p.

**CHACON, R.B.** *memorias del xv congreso internacional anual de la somim 23 al 25 de septiembre, 2009 cd. obregón, sonora. méxico.* , pp. 253-260.

**COLOMBIANA, R. y RACIONAL, U.** Recibido: 6 de marzo de 2018 Aceptado: 17 de junio de 2018.

**CORELLA JIMÉNEZ, F.D.** *Caracterización de Aceites de Motor por sus Propiedades Ópticas.* Universidad de Montemorelos

**DEL CASTILLO, R.D. y OROBIO, A.** *Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante.* *Informes de la Construcción*, vol. 72, no. 558, pp. 336. ISSN 0020-0883. DOI 10.3989/ic.69016.

**DOMÍNGUEZ, D.** Universidad internacional del ecuador facultad de ciencias administrativas. , pp. 1-197.

**FRANCISCO GALINDO MONTERO, V.** *Facultad de ciencia y tecnología. Google academico* [en línea], pp. 111 pag. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6858>.

**INGENIERÍA, C.D.E. y AUTOMOTRIZ, M.** *Análisis de la influencia que tiene el tipo de combustible en la degradación del aceite lubricante de motores de combustión interna mediante técnicas y equipos de laboratorio.*

**MANZANARES JIMÉNEZ, L.A. y IBARRA CECENÑA, M.G.** *Diagnóstico del uso y manejo de los residuos de aceite automotriz en el municipio de El Fuerte, Sinaloa.* *Ra Ximhai*, pp. 129-138. ISSN 1665-0441. DOI 10.35197/rx.08.02e.2012.12.lm.

**NORMA, L., et al.** *Regeneración de aceites lubricantes usados que cumplan la norma nte - inen 2030 en el ecuador, empleando el método de extracción con butanol y el método ácido - arcilla.,* pp. 1-3.

**PADILLA-PADILLA, C., et al.** *Análisis situacional del tratamiento de aceites automotrices residuales. Polo del Conocimiento*, vol. 3, no. 7, pp. 172. ISSN 2550-682X. DOI 10.23857/pc.v3i7.536.

**PEREZ COTRINA, D.** Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería. Ucv, pp. 358.

**PUENTE, E., et al.** *Análisis tribológico en un motor de gasolina con dos marcas de lubricantes y la misma especificación. INNOVA Research Journal*, vol. 2, no. 3, pp. 150-166. DOI 10.33890/innova.v2.n3.2017.191.

**ROBLES, O.** *Cálculo y Diseño del Sistema Centralizado de Distribución de Aceites Lubricantes y Red Neumática en un Taller Automotriz.*

**SUÁREZ SARMIENTO, S.** *Estado del arte de bombas de calor de alta temperatura para aplicaciones industriales.* [en línea], Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/92939/fichero/TFG-2939+SUAREZ+SARMIENTO%2C+SANDRA.pdf>.

**TEJADA TOVAR, C., et al.** *Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. Prospectiva*, vol. 15, no. 2, pp. 135-144. ISSN 16928261.

**VERONICA, J.** *Unidad Académica De Ciencias Sociales Carrera De PsicologíaClínica.* [en línea],

## ANEXOS

### ANEXO A: MUESTRA DE ACEITE YA EXTRAÍDA



### ANEXO B: PROPIETARIO DEL VEHÍCULO HYUDAI ATOS 2008



**ANEXO C: PROPIETARIO DEL VEHÍCULO KIA RIO XCITE 2012**



**ANEXO D: PROPIETARIO DEL VEHÍCULO NISSAN SENTRA 2010 V3**



**ANEXO E: TOMA DE DATOS DEL KILOMETRAJE DEL VEHÍCULO NISSAN**

**SENTRA 2010**

