

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



TEMA:

ANÁLISIS TRIBOLÓGICO DE UN MOTOR MEP EN LAS CIUDADES DE QUITO Y SANTO DOMINGO CON DIFERENTES GRADOS DE VISCOSIDAD DE ACEITE.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería Automotriz, mención Negocios Automotrices

AUTOR:

Ing. Nury Raquel Moncayo Tacuri

DIRECTOR(A):

MSc.: Ignacio Bayardo Benavides Cevallos, Ing.

Ibarra, 2023

CERTIFICO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del Plan de Trabajo de Grado, se acepta, el trabajo previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería Automotriz, nombrado por el honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el Plan de Grado cuyo título es “ANÁLISIS TRIBOLÓGICO DE UN MOTOR MEP EN LAS CIUDADES DE QUITO Y SANTO DOMINGO CON DIFERENTES GRADOS DE VISCOSIDAD DE ACEITE”, presentado por la ingeniera NURY RAQUEL MONCAYO TACURI con número de cédula 1750285197, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 13 días del mes de Noviembre del 2023

Atentamente

Ing. Ignacio Benavides. MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	175028519-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Moncayo Tacuri Nury Raquel		
DIRECCIÓN:	Versalles y Santiago		
EMAIL:	nurymoncayo@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	3216506	TELÉFONO MÓVIL:	0990197174

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ANÁLISIS TRIBOLÓGICO DE UN MOTOR MEP EN LAS CIUDADES DE QUITO Y SANTO DOMINGO CON DIFERENTES GRADOS DE VISCOSIDAD DE ACEITE"
AUTOR (ES):	Moncayo Tacuri Nury Raquel
FECHA: DD/MM/AAAA	13 de noviembre del 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Título de Magister en Ingeniería Automotriz Mención de Negocios Automotrices
ASESOR /DIRECTOR:	MSc.: Ignacio Bayardo Benavides Cevallos, Ing.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de noviembre de 2023

EL AUTOR:

Ing.: Nury Raquel Moncayo Tacuri

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis queridos padres Gonzalo Moncayo y Veyrut Tacuri, así como también a mis hermanos Melissa, Vianca y Gonzalo, quienes han estado a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona. Doy gracias a Dios por darme una familia maravillosa, que es un ejemplo de amor y superación, por confiar siempre en mí y enseñarme a valor todo lo que tengo. Todos ellos siendo mi pilar para la obtención de este logro, espero poder contar siempre con su incondicional apoyo.

Nury Moncayo

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por la inspiración y la fuerza que se necesita para atravesar este proceso de realizar uno de mis sueños.

A mis padres, mis hermanos y toda mi familia por ser mis principales apoyos y por inculcarme principios y valores que me han hecho una mejor persona.

Quisiera agradecer a todos los profesores de la Universidad Técnica del Norte (UTN) por compartir sus conocimientos durante la maestría, en especial al M.Sc. Ignacio Benavides, supervisor del proyecto de investigación y con su característica paciencia y seriedad un excelente acompañante durante el desarrollo de la tesis.

Nury Moncayo

ÍNDICE DE CONTENIDO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	II
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I	1
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
1.5 ALCANCE	4
1.6 TRIBOLOGÍA	4
1.7 FRICCIÓN.....	6
1.8 DESGASTE	7
1.8.1 <i>Desgaste por adherencia</i>	8
1.8.2 <i>Desgaste por abrasión</i>	8
1.8.3 <i>Desgaste por ludimiento</i>	9
1.8.4 <i>Desgaste por fatiga</i>	9
1.8.5 <i>Desgaste por erosión</i>	9
1.8.6 <i>Desgaste corrosivo</i>	10
1.8.7 <i>Desgaste por vibración</i>	10
1.9 LUBRICACIÓN.....	12
1.9.1 <i>Vegetales</i>	14
1.9.2 <i>Aceite mineral</i>	14

1.9.3	<i>Aceite sintético</i>	14
1.9.4	<i>Aceite semisintético</i>	14
1.10	IMPORTANCIA DE LA LUBRICACIÓN	14
1.11	CURVA DE STRIBECK.....	15
1.12	PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS ACEITES LUBRICANTES	17
1.13	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS LUBRICANTES	18
1.14	ADITIVOS DE LOS LUBRICANTES	19
1.15	ADITIVOS MEJORADORES DEL ÍNDICE DE VISCOSIDAD	19
1.16	ADITIVOS ANTIDESGASTE.....	20
1.17	ADITIVOS ANTIOXIDANTES DEL ACEITE.....	20
1.18	ADITIVOS ANTICORROSIVOS	20
1.19	ADITIVOS DETERGENTES	21
1.20	ADITIVOS DISPERSANTES Y MODIFICADORES DE FRICCIÓN	21
1.21	CLASIFICACIÓN SAE Y API.....	21
1.21.1	<i>SAE</i>	21
1.21.2	<i>API</i>	23
1.22	MANTENIMIENTO	24
1.23	IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	25
1.24	TIPOS DE MANTENIMIENTO	25
1.24.1	<i>Mantenimiento correctivo</i>	25
1.24.2	<i>Mantenimiento preventivo</i>	25
1.24.3	<i>Mantenimiento predictivo</i>	26
1.25	EMISIONES CONTAMINANTES	27
1.25.1	<i>Monóxido de carbono (CO)</i>	27
1.25.2	<i>Óxido de nitrógeno (NOx)</i>	28
1.25.3	<i>Dióxido de carbono CO2</i>	28
1.25.4	<i>Hidrocarburos</i>	28
1.26	NORMATIVA ECUATORIANA DE GASES DE ESCAPE.....	28
CAPÍTULO II.....		29
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.1	ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
2.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....	29
2.2.1	<i>Método bibliográfico</i>	29
2.2.2	<i>Método experimental</i>	29
2.2.3	<i>Método descriptivo</i>	29
2.3	INTENCIÓN METODOLÓGICA	34
2.4	INSPECCIÓN VISUAL	35

DE ACUERDO CON LA TABLA 2.5 DONDE SE MUESTRA LA FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO (PRUEBA).....	35
2.5 INSPECCIÓN TÉCNICA	35
CAPÍTULO III.....	36
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
3.1 ANÁLISIS PARA EL ACEITE 10W30 QUITO Y SANTO DOMINGO.....	36
3.2 ANÁLISIS PARA EL ACEITE 20W50 QUITO Y SANTO DOMINGO.....	53
3.3 ANÁLISIS DE GASES EN LAS CIUDADES DE QUITO Y SANTO DOMINGO.....	68
3.3.1 <i>Análisis de gases para el aceite con grado de viscosidad 10w30.....</i>	<i>68</i>
3.3.2 <i>Análisis de gases para el aceite con grado de viscosidad 20w50.....</i>	<i>69</i>
3.4 ANÁLISIS DE COSTES DE MANTENIMIENTO.....	71
3.4.1 <i>Aceite 10W30 Mantenimiento preventivo</i>	<i>71</i>
3.4.2 <i>Aceite 20W50 Mantenimiento preventivo</i>	<i>72</i>
CAPITULO IV	74
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
4.1 CONCLUSIONES	74
4.2 RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
Figura 1.1 Degaste por adherencia.....	8
Figura 1.2 Degaste por abrasión.....	8
Figura 1.3 Degaste por fatiga	9
Figura 1.4 Degaste por erosión.....	10
Figura 1.5 Degaste corrosivo.....	10
Figura 1.6 Tipos de lubricación	17
Figura 1.7 Clasificación de los aceites	23
Figura 1.8 Clasificación de los aceites con la Norma API.....	24
Figura 1.9 Límites máximos de emisiones.....	28
Figura 2.1 Vehículo Nissan Sentra (vehículo de prueba)	30
Figura 2.2 Ruta Quito.....	31
Figura 2.3 Ruta Santo Domingo.....	32
Figura 2.4 Proceso de desarrollo	34
Figura 3.1 Contenido de Plata en el Aceite 10W30	37
Figura 3.2 Contenido de Aluminio en el Aceite 10W30.....	37
Figura 3.3 Contenido de Boro en el Aceite 10W30	38
Figura 3.4 Contenido de Bario en el Aceite 10W30	39
Figura 3.5 Contenido de Calcio en el Aceite 10W30.....	39
Figura 3.6 Contenido de Cadmio en el Aceite 10W30	40

Figura 3.7 Contenido de Cromo en el Aceite 10W30.....	41
Figura 3.8 Contenido de Cobre en el Aceite 10W30	42
Figura 3.9 Contenido de Hierro en el Aceite 10W30.....	42
Figura 3.10 Contenido de Potasio en el Aceite 10W30	43
Figura 3.11 Contenido de Litio en el Aceite 10W30	44
Figura 3.12 Contenido de Magnesio en el Aceite 10W30	44
Figura 3.13 Contenido de Manganeso en el Aceite 10W30.....	45
Figura 3.14 Contenido de Molibdeno en el Aceite 10W30	46
Figura 3.15 Contenido de Sodio en el Aceite 10W30.....	46
Figura 3.16 Contenido de Níquel en el Aceite 10W30	47
Figura 3.17 Contenido de Fósforo en el Aceite 10W30.....	48
Figura 3.18 Contenido de Plomo en el Aceite 10W30.....	49
Figura 3.19 Contenido de Antimonio en el Aceite 10W30.....	49
Figura 3.20 Contenido de Silicio en el Aceite 10W30.....	50
Figura 3.21 Contenido de Estaño en el Aceite 10W30	51
Figura 3.22 Contenido de Titanio en el Aceite 10W30	51
Figura 3.23 Contenido de Vanadio en el Aceite 10W30	52
Figura 3.24 Contenido de Zinc en el Aceite 10W30.....	53
Figura 3.25 Contenido de Plata en el Aceite 20W50	54
Figura 3.26 Contenido de Aluminio en el Aceite 20W50.....	54
Figura 3.27 Contenido de Boro en el Aceite 20W50	55
Figura 3.28 Contenido de Bario en el Aceite 20W50	55
Figura 3.29 Contenido de Calcio en el Aceite 20W50.....	56

Figura 3.30 Contenido de Cadmio en el Aceite 20W50	56
Figura 3.31 Contenido de Cromo en el Aceite 20W50.....	57
Figura 3.32 Contenido de Cobre en el Aceite 20W50	58
Figura 3.33 Contenido de Hierro en el Aceite 20W50.....	58
Figura 3.34 Contenido de Potasio en el Aceite 20W50	59
Figura 3.35 Contenido de Litio en el Aceite 20W50	59
Figura 3.36 Contenido de Magnesio en el Aceite 20W50	60
Figura 3.37 Contenido de Manganeso en el Aceite 20W50.....	61
Figura 3.38 Contenido de Molibdeno en el Aceite 20W50	61
Figura 3.39 Contenido de Sodio en el Aceite 20W50.....	62
Figura 3.40 Contenido de Níquel en el Aceite 20W50	63
Figura 3.41 Contenido de Fósforo en el Aceite 20W50.....	63
Figura 3.42 Contenido de Plomo en el Aceite 20W50.....	64
Figura 3.43 Contenido de Antimonio en el Aceite 20W50.....	65
Figura 3.44 Contenido de Silicio en el Aceite 20W50.....	65
Figura 3.45 Contenido de Estaño en el Aceite 20W50	66
Figura 3.46 Contenido de Titanio en el Aceite 20W50	66
Figura 3.47 Contenido de Vanadio en el Aceite 20W50	67
Figura 3.48 Contenido de Zinc en el Aceite 20W50.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
Tabla 2.1 Datos generales de Quito.....	31
Tabla 2.2 Datos generales de Santo Domingo	32
Tabla 2.3 Especificaciones aceite (10w30)	33
Tabla 2.4 Especificaciones aceite (20w50)	34
Tabla 2.5 Especificaciones del motor.....	35
Tabla 3.1 Comportamiento del monóxido de carbono (CO).....	68
Tabla 3.2 Comportamiento del dióxido de carbono (CO ₂).....	68
Tabla 3.3 Comportamiento de hidrocarburos (HC).....	69
Tabla 3.4 Comportamiento del oxígeno (O ₂)	69
Tabla 3.5 Comportamiento del monóxido de carbono (CO).....	70
Tabla 3.6 Comportamiento del dióxido de carbono (CO ₂).....	70
Tabla 3.7 Comportamiento de hidrocarburos (HC).....	70
Tabla 3.8 Comportamiento del oxígeno (O ₂)	71
Tabla 3.9 Costos de mantenimiento Aceite 10W30	71
Tabla 3.10 Costos de mantenimiento Aceite 20W50	72
Tabla 3.11 Comparación de Costos.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	PÁGINA
ANEXO I. PROFORMA DE COSTOS (MANTENIMIENTO PREVENTIVO)	86
ANEXO II. ANÁLISIS DEL ACEITE 10W30	87
ANEXO III. ANÁLISIS DEL ACEITE 20W50	88
ANEXO IV Verificación del kilometraje	90
ANEXO V Muestras de los aceites.....	90
ANEXO VI Cambio de aceite lubricante	91
ANEXO VII Colocación del analizador de gases	91
ANEXO VIII Toma de las muestra de aceite.....	92

RESUMEN

Actualmente, los consumidores de aceites lubricantes para motores de automóviles prestan más atención al valor del producto que a su calidad y propiedades de este. El presente trabajo tuvo como su objetivo principal analizar el desgaste de motores MEP con aceites de diferentes grados de viscosidad en las ciudades de Quito y Santo Domingo mediante pruebas tribológicas, con el propósito de identificar dicho desgaste de los elementos y piezas internas del motor. En función a la viscosidad de los dos tipos de lubricantes según especificación SAE, para determinar cuál es el más adecuado para un motor de combustión interna a gasolina. Se utilizó un vehículo Nissan Sentra B15 del año 2002 para obtener los resultados reales de las mediciones requeridas. Para los ensayos se empleó gasolina extra de 87 octanos, varios filtros de aceite para cada ensayo realizado y, además, se utilizó lubricantes marca Amalie con viscosidades SAE de 10W30 y 20W50. Así mismo, se realizaron mediciones a diferentes regímenes del motor a ralentí y 2500 rpm. Para la primera toma de las muestras, que fueron llevadas a cabo en la ciudad de Quito, que está situado a una altitud de 2850 m.s.n.m, con temperatura de 15 y 18° grados centígrados y a una presión atmosférica de 72 kPa y para la toma de la siguiente muestra se llevó a cabo en la ciudad de Santo Domingo la cual está ubicada a una altitud de 655 m.s.n.m, con temperatura de variación entre 23 y 25° grados centígrados y a una presión atmosférica de 100 kPa. Los datos obtenidos en referencia a los gases contaminantes permitieron observar que el aceite con viscosidad de 10W30 genera mayores emisiones contaminantes y mayores costes de mantenimiento, pues el precio en el mercado del aceite es más elevado que el aceite con viscosidad de 20W50. Finalmente, las pruebas y ensayos tribológicos demuestran que aceites con la misma especificación, pero diferente grado de viscosidad, generan desgastes en los componentes internos de los motores de combustión interna MEP a diferentes presiones atmosféricas.

Palabras claves: tribología, desgaste del motor, viscosidades

ABSTRACT

Currently, consumers of automotive engine lubricating oils pay more attention to the value of the product than to its quality and properties. The main objective of this work was to analyze the wear of MEP engines with oils of different degrees of viscosity in the cities of Quito and Santo Domingo through tribological tests, with the purpose of identifying said wear of the internal elements and parts of the engine. Depending on the viscosity of the two types of lubricants according to SAE specification, to determine which is most suitable for a gasoline internal combustion engine. A 2002 Nissan Sentra B15 vehicle was used to obtain the actual results of the required measurements. For the tests, extra 87 octane gasoline was used, several oil filters for each test carried out and, in addition, Amalie brand lubricants with SAE viscosities of 10W30 and 20W50 were used. Likewise, measurements were made at different engine speeds at idle and 2500 rpm. For the first taking of the samples, which were carried out in the city of Quito, which is located at an altitude of 2850 m.a.s.l., with a temperature of 15 and 18° degrees Celsius and at an atmospheric pressure of 72 kPa and for the taking of The following sample was carried out in the city of Santo Domingo which is located at an altitude of 655 meters above sea level, with a temperature variation between 23 and 25° degrees Celsius and an atmospheric pressure of 100 kPa. The data obtained in reference to polluting gases allowed us to observe that oil with a viscosity of 10W30 generates greater polluting emissions and higher maintenance costs, since the price in the oil market is higher than oil with a viscosity of 20W50. Finally, tribological tests and trials demonstrate that oils with the same specification, but different degrees of viscosity, generate wear in the internal components of MEP internal combustion engines at different atmospheric pressures.

Keywords: tribology, engine wear, viscosities

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Problema de investigación

Dentro de la industria automotriz hay varios tipos de lubricantes para motores de encendido provocado MEP, con diferentes características y propiedades, que no solo mitigan el desgaste de los elementos internos, sino también, limpian y evitan la corrosión.

La tribología es la ciencia que estudia las áreas de los componentes en desplazamiento y en contacto, el propósito del lubricante es actuar como un agente lubricador entre dos componentes móviles, reduciendo así la temperatura y el desgaste de los elementos internos del motor (Granizo, 2010).

El desgaste es un fenómeno muy importante dentro de la industria del automóvil. Por esta razón, en el campo automotriz, los motores se han mejorado constantemente a lo largo de los años, optimizando la eficiencia de los procesos, reduciendo las emisiones y disminuyendo el consumo de combustible (Barrera & Nieves, 2021).

En este sentido, se analiza el desgaste y las propiedades de lubricidad de los aceites en el correcto funcionamiento del motor con diferentes índices de viscosidad y a distintas alturas geográficas, con el fin de determinar las concentraciones de partículas presentes en el lubricante, y así generar un registro exacto de los elementos con mayor o menor desgaste.

Las muestras de aceites tomadas se utilizan para determinar el estado de los componentes internos y qué pueden causar problemas operativos a corto o largo plazo si no se reemplazan a tiempo.

El uso adecuado del lubricante permite alargar la vida útil del motor y de sus elementos internos, evitando el desgaste prematuro de las partes fijas y móviles del vehículo y así, reducir la contaminación del aire.

1.2 Antecedentes

Dentro del campo automotriz, la lubricación es un aspecto fundamental para disminuir el problema del desgaste de las piezas o elementos que conforman un motor MEP. Para conocer la eficacia de cada aceite, se analizan cada una de las muestras, tomando en cuenta la proporción de residuos presentes en el lubricante.

El vocablo tribología proviene de dos términos griegos: tribos y logos; el primero hace referencia a la fricción o rozamiento y el segundo a la ciencia, por lo que se traduce literalmente al estudio de la fricción. Además, según Linares (2013), es una ciencia que abarca el estudio de la lubricación, fricción y el desgaste de los elementos fijos y móviles, aspectos que tienen el propósito en la vida de los componentes de los motores.

El análisis de aceite o tribología se considera una técnica de suma importancia dentro de la industria automotriz, ya que nos permite saber qué sucede en el motor, ayudando a identificar y corregir en el menor tiempo posible los problemas existentes que están relacionados con el desgaste de los elementos internos del motor y la contaminación del aceite lubricante. El número de concentración de partículas presentes en el aceite indica si el desgaste de los elementos del motor es normal, progresivo o acelerado. Por lo general, el método de análisis de aceite debe complementarse por una serie de análisis periódicos y continuos para determinar la tendencia de desgaste de los elementos (Viteri & Juan, 2011).

Bajo esa premisa, es de vital importancia determinar el aceite que contribuye con un menor desgaste de las piezas o elementos, menores emisiones y consecuentemente menores costes de mantenimiento, todo ello aprovechando las diferentes localidades y por ende variaciones de presión atmosférica presentes en el Ecuador.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Analizar el desgaste de un motor MEP con aceites de distintos grados de viscosidad en ciudades de Quito y Santo Domingo con base a ensayos tribológicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar los ensayos tribológicos pertinentes con aceites API SN 10W30 y 20W50 en un laboratorio certificado.
- Analizar el desgaste del motor Nissan Sentra B15 mediante el análisis de los resultados experimentales.
- Determinar el grado de viscosidad que sugiere menor consumo, menores emisiones y menores costes de mantenimiento.

1.4 Justificación

Este estudio compara la investigación tribológica del comportamiento de diferentes aceites utilizados en el motor MEP expuestos a diferentes condiciones ambientales en las ciudades de Quito y Santo Domingo. El análisis tribológico de los aceites API SN 10W30 y 20W50 proporciona una base objetiva para el desgaste del motor con cada lubricante, estimando así la tasa de desgaste de los componentes del motor.

El análisis tribológico del aceite usado permite predecir el estado de los componentes y partes de los motores de combustión interna. Los resultados del comportamiento del motor MEP se obtienen a partir de análisis tribológicos de aceites, realizados en un laboratorio químico certificado, que cuantifican el número de partículas presentes en muestras de diferentes tipos de lubricantes.

La tecnología de los lubricantes ha evolucionado, lo que dependiendo de la condición ayuda al motor, ya que, con propiedades crecientes y aditivos con cierto grado de viscosidad, podemos reducir entre las partes móviles y estacionarias del motor y, en consecuencia, con el tiempo extender su vida útil.

Dicho estudio puede realizarse por muestras de aceites, obtenidas en diferentes alturas geográficas, con el fin de analizar el aumento o no de partículas metálicas presentes en las muestras de los lubricantes, en su mayoría provenientes de componentes sometidos a mayores esfuerzos. (Quintana & Silva, 2021)

Una vez determinadas las concentraciones de partículas metálicas, se determina su origen y los componentes internos del motor, próximos a ser reemplazados.

1.5 Alcance

Se realizan pruebas en el motor Nissan Sentra B15 del año 2002 para garantizar que el nivel de viscosidad del aceite cumpla con los requisitos según las condiciones de altitud, prolongado así la vida útil de las partes y componentes internos, reduciendo además las emisiones contaminantes y con un óptimo funcionamiento.

En este estudio se diagnostica la condición de los elementos del motor de combustión interna y el consumo de aceite, por ser este un tema de controversia entre los usuarios y el servicio debido a las propiedades y comportamiento de los aceites a diferentes niveles de viscosidad, principalmente ubicados en ciudades a gran altura.

Elegir el aceite de motor adecuado es de gran importancia para extender la vida útil de sus componentes y del vehículo. Sin embargo, se debe tener en cuenta los cambios regulares del aceite, aunque algunas empresas afirmen que el aceite se pueda cambiar hasta los 10 000km, no es lo más recomendado ya que el aceite con el transcurso del tiempo y uso va perdiendo sus características las cuales no permiten o evitan el desgaste interno del motor.

Según la condición del motor y las variaciones de lubricante existentes, se puede determinar qué aceite es el más adecuado para disminuir costos de mantenimiento, además de alargar la vida útil y reducir las emisiones contaminantes siguiendo las reglamentaciones vigentes del país.

1.6 Tribología

La tribología incluye los procesos de fricción, desgaste y lubricación de los elementos de contacto, fenómenos de tensión que han sido analizados por separado en la práctica de la ingeniería y que recientemente han hecho una contribución significativa al desarrollo de sistemas mecánicos. El sistema tribológico consiste en las áreas de dos elementos móviles que

están en contacto entre sí y con el medio ambiente. El tipo, el alcance y el grado de desgaste dependen de la naturaleza y el procesamiento de las piezas, los materiales intermedios, las influencias ambientales y las condiciones de funcionamiento (Castillo & Toapanta, 2019).

El campo de la tribología es una técnica que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación las superficies de los elementos en movimiento relativo y consta de varias disciplinas científicas y de ingeniería. Sin embargo, se puede argumentar que la tribología previene el desgaste y controla la fricción a través de la lubricación. El aceite forma una capa protectora que reduce la fricción entre las superficies de contacto en movimiento (Espinoza, 1990).

Dentro del concepto de la tribología se manejan elementos rodantes o deslizantes comunes como: cojinetes de rodillos, cojinetes lisos, engranajes, levas, frenos y sellos. Estos componentes de propósito general se aplican en una diversidad de maquinarias que tienen movimiento relativo y requieren movimiento deslizante o giratorio. Este enfoque inicial de mejorar la rentabilidad y la vida útil de la maquinaria industrial se ha expandido a muchas otras aplicaciones altamente efectivas (Trujano, 2011).

Para el estudio, se tiene en cuenta diferentes aspectos como los que se relacionan a continuación:

- Tipo y diseño de maquinaria
- Materiales de las áreas en contacto
- Sistema de administración del lubricante
- Medio circundante y condición de funcionamiento

La tribología está presente principalmente en todos los elementos y componentes de maquinarias que están en movimiento y el medio industrial, tales como: (Castillo F. , 2007)

- Rodamientos
- Frenos y embragues
- Sellos

- Anillos de pistones
- Engranajes y levas

Dentro de la interacción aparecen tres fenómenos principales que se centran en la tribología:

- La fricción
- El desgaste
- Lubricación

1.7 Fricción

A decir de García y Lopez (2010), fricción, es la fuerza existente entre dos elementos en contacto mediante el movimiento relativo. En algunos procesos industriales el efecto puede ser positivo o negativo, pero dentro de la tribología los resultados son desfavorables.

Esta anomalía provoca una pérdida de energía mecánica desde el inicio del movimiento, entre las zonas de contacto del material hasta el final del proceso. Las partes de un material experimentan fricción externa e interna, la primera de estas con otro cuerpo y la segunda con partículas del mismo objeto (Ortega & Martínez, 2011).

Las leyes básicas de la fricción son:

- La resistencia de fricción es proporcional a la carga
- La fricción es independiente del área de deslizamiento de la superficie

Existen dos tipos de fuerzas que interactúan sobre la fricción y se conocen como: fricción estática y fricción dinámica.

Fricción Estática: El coeficiente estático de fricción es el vínculo entre la fuerza de deslizamiento y la fuerza de retención provocada por las dos áreas de contacto. Este factor es una realidad de estimación de la fuerza con la que se desliza el área del material sobre otro material y donde comienza el movimiento. Por lo general, está relacionado con la fuerza requerida para iniciar el movimiento de deslizamiento.

Fricción Dinámica: El coeficiente dinámico de fricción surge cuando un objeto se desplaza a través de un área. Determina la fuerza requerida para mover una masa que comienza a deslizarse y experimentar una velocidad y aceleración específicas. (Fernández, 2022)

1.8 Desgaste

Por desgaste se entiende que es la pérdida de volumen del material, la reducción de dimensiones y por tanto la pérdida de tolerancias como consecuencia de la acción mecánica de otro móvil o medio. Si la acción mecánica tiene lugar en forma de fuerza de fricción, esto se denomina desgaste por fricción. Durante el desgaste, el fenómeno de grietas se localiza en un pequeño volumen de material que se transporta fuera de la zona de fricción en forma de partículas de desgaste. Este proceso ocurre cuando las capas externas del cuerpo se agrietan o se desprenden del área y se separan, el material puede ser gradual (Quintana & Silva, 2021)

El deterioro de los mecanismos de las máquinas se debe generalmente a la formación y propagación de fisuras, corrosión y desgaste, siendo causa de 75% de fallas y grandes pérdidas de dinero en pequeñas y grandes industrias (Chicaiza, 2015).

El desgaste es afectado por diversos factores como:

- Cargas aplicadas
- Temperaturas de operación
- Medio ambiente en general
- Forma y geometría de los cuerpos
- Tipo de movimiento que se presenta

En general, los sistemas técnicos involucran movimientos relativos entre componentes entre los componentes metálicos y no metálicos, se han determinado los principales tipos de desgaste:

- Adherencia
- Abrasión
- Ludimiento
- Fatiga

- Erosión
- Corrosivo
- Vibración

1.8.1 Desgaste por adherencia

El desgaste por adherencia es causado por dos elementos que están en contacto de metal con metal y ocurre cuando las superficies no lubricadas se separan por completo, generalmente, durante la parada y el inicio, por falta de lubricación (Remache, 2017).

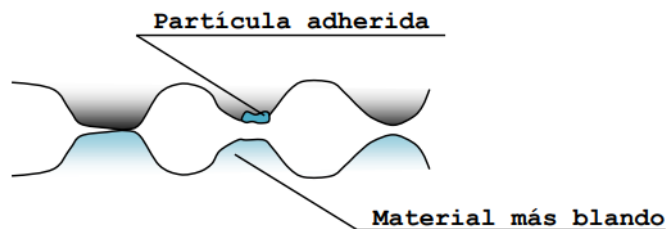


Figura 2.1 Degaste por adherencia
(López, 2008)

1.8.2 Degaste por abrasión

El desgaste abrasivo ocurre cuando un área de estructura dura se encuentra con una superficie blanda, lo que hace que el material se desgaste o la abrasión del material. Las ranuras de desgaste también pueden ser causadas por la fricción deslizando entre metales del mismo tipo. En este caso, partículas abrasivas pueden construirse en la interfaz durante el desgaste por causa a la deformación severa, la transformación de fase y la formación de un tercer objeto (Carrasco, 2013).

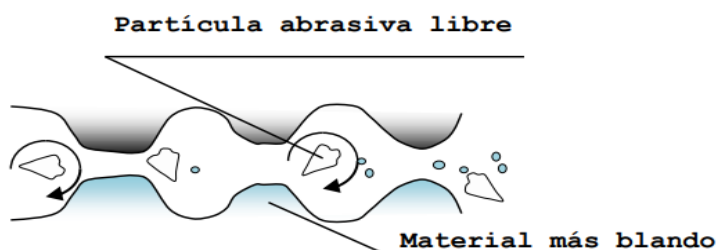


Figura 2.2 Degaste por abrasión
(López, 2008)

1.8.3 Desgaste por ludimiento

El desgaste por ludimiento se refiere a la repetición de algunos fenómenos físicos tales como: fricción, desgaste o desplazamiento entre dos áreas en contacto. Además, se debe tener en cuenta las reacciones químicas en superficies e interfases, ya que estas están sujetas a movimientos oscilatorios provocados por vibraciones (Castillo, 2007).

1.8.4 Desgaste por fatiga

El desgaste por fatiga provoca deslizamientos o rodamientos cíclicos repetidos entre dos superficies cargadas. La falta de uniformidad crea puntos de alta tensión que hacen que las áreas cargadas y descargadas oscilen, provocando un movimiento alternativo que da como resultado una deformación plástica de la superficie y, por lo tanto, la creación de fisuras debajo de la superficie que pueden desgastarse a medida que se mueven y expanden las grietas (Chicaiza, 2015).

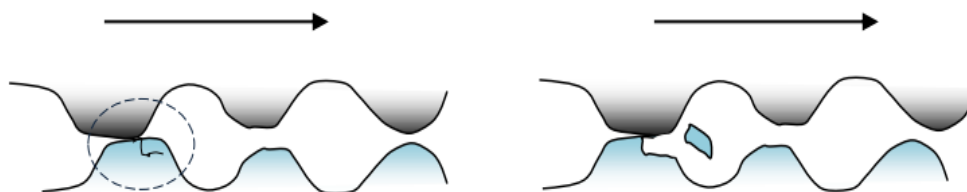


Figura 2.3 Desgaste por fatiga
(Rodríguez, 2007)

1.8.5 Desgaste por erosión

El desgaste por erosión es debido a los fluidos a alta presión y moléculas que están en el aire que pueden cortar el material al impactar con la superficie y causar fallas por fatiga. En otros casos puede ocurrir que se utilice una viscosidad superior a la necesaria (Flores, 2017).

La erosión puede suceder por chorros y flujos de moléculas sólidas pequeñas transportadas por un fluido, en general aire o agua, o también por gotas líquidas.

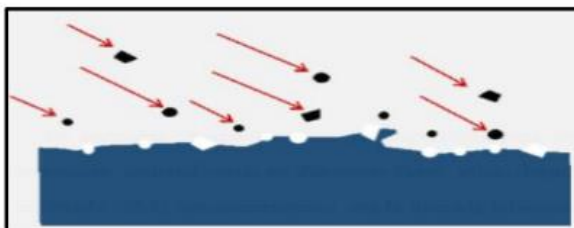


Figura 2.4 Desgaste por erosión
(Rodríguez, 2007)

1.8.6 Desgaste corrosivo

El desgaste corrosivo ocurre cuando el material se pierde o se degrada debido a reacciones químicas con la superficie del componente y el medio ambiente, como la humedad, la salmuera, lejía y el ácido. Ataque unificado superficial o entre partículas (el ataque ocurre a través de los límites de grano). La corrosión en forma de picaduras puede ocurrir sobre o debajo de la superficie cuando se ingresa al ambiente un líquido agresivo (Maldonado C. , 2010).

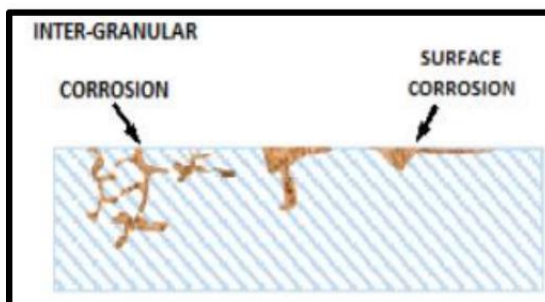


Figura 2.5 Desgaste corrosivo
(Rodríguez, 2007)

1.8.7 Desgaste por vibración

Este desgaste es causado por la existencia de movimiento oscilante de pequeña amplitud en la dirección tangencial entre áreas de contacto nominalmente estacionarias. Como ocurre en este tipo de desgaste en la mayoría de las máquinas que existen vibraciones durante el funcionamiento. Básicamente, el desgaste vibratorio es una forma de desgaste adhesivo o abrasivo en el que las irregularidades se pegan bajo cargas normales y se rompen con el movimiento de balanceo.

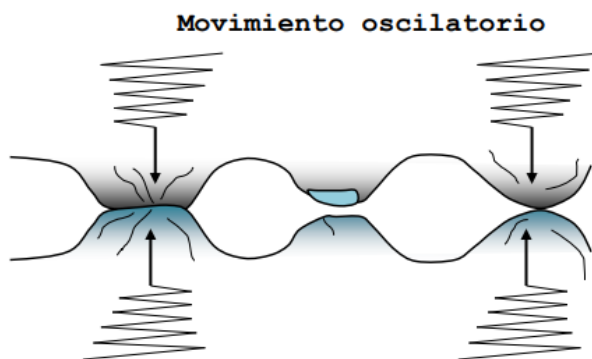


Figura 2.6 Desgaste por vibración
(Carrasco, 2013)

Origen de las partículas metálicas del motor

El análisis de aceite revela los materiales de desgaste que han estado presentes en los elementos del motor durante su vida útil. Es una de las aplicaciones más conocidas, ya que los motores están compuestos por innumerables elementos, y cada uno de estos componentes está diseñado y fabricado con diversos materiales. Estos elementos funcionan en diferentes situaciones, por lo que el desgaste puede originarse de diferentes componentes del motor, como se muestra en la figura 1.6, se muestra el posible origen de los elementos que se muestran en el escaneo.

Motor	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Silicio	Cromo	Estaño	Sodio	Potasio
Cojinetes		X	X	X			X		
Bujes		X		X			X		
Árbol de levas	X								
Refrigerante					X	X		X	X
Cigüeñal	X								
Camisa	X					X			
Válvula Escape	X					X			
Cojinetes anti-fricción	X					X			
Empaquetaduras					X				
Gasolina			X					X	
Carcasa	X			X					
Tierra					X				
Aditivo					X				
Enfriador de Aceite		X							
Bujes de bomba de aceite				X					
Bomba de aceite	X			X					
Pistones	X			X					
Anillos	X					X			
Volandas de empuje		X	X	X			X		
Engranajes de cadenilla	X								
Turbo	X			X					
Gufas de válvulas	X	X							
Tren de válvulas	X								
Bujes de bielas		X	X	X			X		
Bielas	X								

Figura 2.7 Origen de los materiales
(Widman international, 2015)

1.9 Lubricación

Para la lubricación se utiliza cualquier sustancia sólida, semisólida, líquida, animal, mineral o sintética que no se descomponga entre dos partes móviles y forme una capa que impide el contacto directo incluso a altas presiones y temperaturas (Iza, 2004).

El objetivo de la lubricación es introducir una película de aceite entre las partes móviles del motor con movimiento relativo entre ellas para minimizar al máximo la fricción. Reemplaza la fricción entre las superficies con rozamiento dentro de una película de lubricante (Secundino, 2011).

Las películas lubricantes tienen propiedades específicas como viscosidad, pegajosidad, presencia de aditivos y espesor. Respecto a este último la película de lubricante no debe ser muy delgada ni gruesa, pues, si es demasiado fina, parte de la superficie puede entrar en contacto con el metal, provocando el desgaste adhesivo, y si es demasiado gruesa, provoca una acumulación de calor debido a la fricción interna excesiva, lo que también conduce al desgaste adhesivo (Ortega & Martínez, 2011).

Para la lubricación de motores MEP, se utilizan grasas o aceites líquidos de diferentes viscosidades. El aceite construye una fina capa de lubricante entre las áreas para prevenir la fricción entre piezas y componentes. El propósito del lubricante es:

- Reducir los ruidos internos del motor
- Bajar altas temperaturas de funcionamiento
- Disminuir el desgaste por abrasión y corrosión
- Amortiguar el rozamiento directo entre los componentes internos, y alargar la vida útil
- Proteger ante los agentes químicos producidos durante la combustión
- Refrigerar los componentes para evitar dilataciones o deformaciones

El principal objetivo de los lubricantes para motores es prevenir el contacto directo entre las áreas, disminuyendo así el rozamiento y sus efectos nocivos: calentamiento, desgaste, ruido, golpes y vibraciones. Los lubricantes están diseñados para evitar la formación de depósitos pegajosos, mantener limpios los componentes del motor, construir una capa fina duradera continua y permitir disipar el calor (Builes, 2007).

Los lubricantes pueden ser:

- Vegetales
- Aceite mineral
- Aceite sintético
- Aceite semisintético

1.9.1 Vegetales

Los lubricantes vegetales se refinan usando a partir de frutas y semillas, incluidas algunas semillas oleaginosas. El aceite de ricino se usa cada vez más, particularmente en motores de dos tiempos y autos de carrera, debido a su alta lubricidad y capacidad para mantener una alta viscosidad a altas temperaturas. Se oxidan fácilmente (Mendoza, 2014).

1.9.2 Aceite mineral

El aceite mineral se produce del petróleo crudo, a través de la refinación. Aunque posee diferentes componentes que lo convierten en la mejor opción para diferentes aplicaciones, los aceites minerales requerirán una cantidad significativa de aditivos para mejorar las condiciones de lubricación (García, 1997).

1.9.3 Aceite sintético

Según Vázquez (2013), los aceites sintéticos son aquellos procesados en laboratorios, donde se trabaja en la construcción de moléculas para crear aceites más estables y con menos efectos adversos sobre otros compuestos. Este aceite de alta calidad está diseñado para funcionar de manera eficiente sin llevar consigo los aditivos y compuestos en exceso que tienen otros, como los aceites minerales. Ofrecen un excelente rendimiento del motor, intervalos de cambio de aceite prolongados y una importante economía de combustible.

1.9.4 Aceite semisintético

Es una mezcla de aceite mineral y aceite sintético, no exactamente 50-50, las proporciones dependerán del aceite que se esté fabricando y del tipo de máquina o vehículo en el que se vaya a utilizar.

1.10 Importancia de la lubricación

Existen componentes metálicos y varias aleaciones en el motor, por lo que una buena lubricación es extremadamente importante, lo que afecta el rendimiento, la eficiencia y la confiabilidad de todos los elementos y mecanismos de los motores de combustión interna. Por este motivo, es importante elegir un lubricante de acuerdo con las necesidades y el uso previsto del vehículo, para no comprometer estos aspectos.

Los valores del parámetro de la película como se muestra en la siguiente figura 2.8, indican los límites aproximados entre los regímenes del espesor específico de película.

Límites de regímenes de lubricación	
Lubricación Límite	$\lambda < 1$
Lubricación mixta	$1 < \lambda < 2.5$
Lubricación hidrodinámica	$\lambda > 2.5$

Figura 2.8 Límites de regímenes de lubricación
(Barrera & Nieves, 2021)

Si una capa fina de lubricante no es suficiente en relación con la rugosidad de la superficie, se produce una lubricación límite. La carga es soportada por las irregularidades de la superficie y por la microsoldadura de metal con metal.

Si la capa de lubricante es lo suficientemente gruesa, las irregularidades de las superficies se cubrirán y no entrarán en contacto. Esto crea una lubricación hidrodinámica. Cuando se produce una deformación elástica entre las áreas debido a cargas elevadas, se denomina elastohidrodinámica.

El modo lubricación mixta corresponde a un estado intermedio entre los dos anteriores. Se basa en el trabajo en conjunto entre la lubricación hidrodinámica y la lubricación marginal, esto se debe a la falta de viscosidad o de bastante velocidad para mantener su colchón de aceite completo. A veces hay contacto directo entre las protuberancias, pero el grosor de la capa es suficiente para separarlas superficies (Blázquez, 2016).

1.11 Curva de Stribeck

En la curva de Stribeck se muestra la variación del coeficiente de fricción en los diferentes regímenes de lubricación. Esto puede aumentar la magnitud y ellos afecta significativamente el desgaste.

En la figura 2.9, se muestra la curva de Stribeck que representa el coeficiente de fricción según el parámetro específico de película.

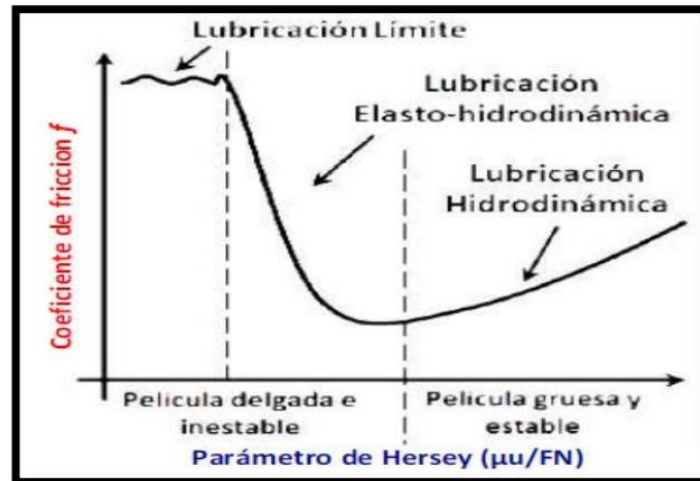


Figura 2.9 Curva de Stribeck
(Barrera & Nieves, 2021)

Existen tres tipos de lubricación dependiendo de la película de aceite que se encuentre entre las partes móviles:

Lubricación límite: Ocurre cuando las condiciones son insuficientes para generar presión debido a velocidades superficiales relativamente bajas o propiedades lubricantes. Hay contacto entre las rugosas de las partes lubricadas.

Lubricación semifluida: Cuando las superficies parcialmente separadas por una película de aceite son menos gruesas que con lubricación líquida debido a velocidades más bajas, mala lubricación o mayor tensión entre las piezas, habrá contacto entre los espacios en lugar de los demás.

Lubricación fluida: Esta es la mejor lubricación, ideal en todos los casos porque la película de aceite es lo suficientemente gruesa como para evitar completamente el contacto entre las partes lubricadas. Esta película se logra mediante una buena lubricación, alta velocidad de presión entre partes lubricadas y/o presión de la bomba (Secundino, 2011).

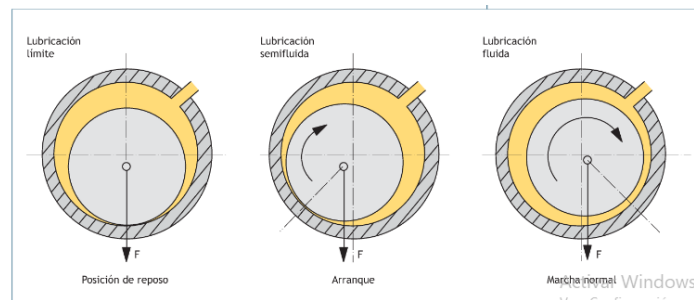


Figura 2.10 Tipos de lubricación
(Secundino, 2011)

Los lubricantes se definen por una serie de características, algunas de las cuales se utilizan para clasificar aceites o grasas. Debido a la naturaleza de los diferentes tipos de lubricantes, no todas las propiedades son aplicables a todos y sus propiedades se pueden definir de la siguiente manera:

1.12 Propiedades químicas de los aceites lubricantes

Viscosidad cinemática: Por viscosidad cinemática se puede entender el grado de resistencia que presentan los fluidos para fluir bajo la acción de la gravedad. El fluido que se escurre con mayor facilidad tendrá una viscosidad menor, en comparación con otro fluido que tenga mayor dificultad. Esta propiedad indica el peso del aceite base. Las bases más ligeras tienen una viscosidad de unos 2 cSt (a 100 °C) y las más pesadas de unos 45 cSt (a 100 °C) (Andrede, 2015).

Índice de viscosidad: En los fluidos, al presentarse un aumento de temperatura tiende a disminuir su viscosidad. En los lubricantes, es importante que la viscosidad disminuya lo menos posible al aumentar la temperatura. Cuando el índice de viscosidad sea mayor de un lubricante para motor, se verá menos influido en su viscosidad por el aumento de cargas y temperaturas y por lo general un mejor comportamiento del lubricante (Andrede, 2015).

Punto de congelación: Es una característica donde la temperatura pierde toda la capacidad de fluir el lubricante al ser enfriado. Normalmente los aditivos mejoran notablemente este punto de congelación. Este punto siempre se alcanza por debajo del punto de enturbiamiento, por lo tanto, esa es una propiedad importante de los aceites que funcionan a

temperaturas ambientes muy bajas. Las bases normales tienen un punto de congelación de alrededor de los $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero las bases sintéticas son mucho más bajas inferior (-20 a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Chuqui & Josué, 2017).

Volatilidad: Este es el porcentaje de producto que se vaporiza bajo ciertas condiciones de temperatura. Esta prueba es particularmente importante para las bases que deben trabajar a altas temperaturas, como los aceites de motor. Una volatilidad demasiado alta conduce a una evaporación alta y, por lo tanto, a un cambio indeseable en las propiedades físicas durante la vida útil del aceite (Enriquez, 2016).

Azufre: El contenido de azufre mide el nivel de refinamiento de la base lubricante. Cuanto menor sea el contenido de azufre, mayor será el refinamiento. La tendencia actual es reducir paulatinamente el contenido de azufre hasta que sea prácticamente inexistente (Jaya, Loret, & Slavador, 2012).

1.13 Propiedades físicas de los lubricantes

- **Color y fluorescencia**

Hasta hace unos años, los consumidores tomaban muy en serio el color del aceite como indicador del mejor o peor grado de refinado, y la fluorescencia era vista como un indicador del origen del crudo. Actualmente, las propiedades anteriores no son criterios válidos para evaluar los aceites terminados, ya que pueden alterarse o enmascararse con aditivos.

- **Viscosidad**

La viscosidad indica la fluidez del producto y, en el caso de los lubricantes, depende de la temperatura, por lo que el líquido se vuelve menos viscoso a medida que sube. Por lo tanto, la viscosidad es una de las principales características de un líquido y se define de la siguiente manera: cuanto mayor es la resistencia de un líquido al flujo ya la deformación, más viscoso es. Según la resistencia de las moléculas o partículas que componen el líquido al separarse o deformarse, la viscosidad será mayor o menor. Cuanto mayor sea la fuerza adhesiva de las moléculas, mayor será la viscosidad (Vázquez, 2013).

- **Densidad**

El término densidad proviene de la física y la química y describe la relación entre la masa de una sustancia (o cuerpo) y su volumen. Esta es una propiedad intrínseca de la materia ya que no depende de la cantidad de sustancia considerada.

La densidad, una propiedad que suele expresarse en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o gramos por centímetro cúbico (g/cm^3), varía más o menos con la presión y la temperatura y con los cambios de estado. Debido a la falta de cohesión entre las moléculas, los gases son generalmente menos densos que los líquidos y los líquidos menos densos que los sólidos (Castellanos & Zurita, 2012).

1.14 Aditivos de los lubricantes

Para conseguir un buen aceite es necesario mejorar las propiedades del aceite base añadiendo aditivos químicos. En dependencia de aquellos que se mezclen con el aceite base se conseguirá una determinada calidad. Los aditivos son combinaciones químicas que ayudan a mejorar un lubricante para mejorar sus propiedades y lograr propiedades específicas para ciertos servicios. En la fabricación de lubricantes se agrega un aditivo denominado aditivo para satisfacer las necesidades del fabricante (Brandy, 2016).

Por lo general los aceites suelen contener aditivos químicos que dan a los compuestos base propiedades especiales y ayudan a mejorar sus propiedades de degradación. Esto ha permitido un buen equilibrio de aditivos del aceite que aporten un mayor confort al momento del desgaste (Barrera y Velecela, 2015).

1.15 Aditivos mejoradores del índice de viscosidad

Según Jiménez y Pinta (2021) op cit. Souza et al. (2010), Tamminen et al (2006) y Payri y Desantes (2011), el uso de mejoradores del índice de viscosidad puede afectar la fricción al crear una capa pegajosa que parece en la superficie de la pared y facilita la transición del régimen de lubricación al elastohidrodinámica.

En este sentido, cabe señalar que el volumen de la capa de aceite entre los anillos del pistón y las camisas de cilindro de los motores de combustión interna es importante para la

eficiencia tribológica del método. La viscosidad no es una constante del líquido y necesita de diferentes factores, los más importantes de los cuales son la temperatura y la presión.

En climas fríos se necesita una viscosidad SAE de bajo grado y en climas cálidos de alto grado. Estos aditivos se mantienen fríos sin afectar la fluidez del aceite base, pero se enrollan y aumentan su viscosidad cuando se calientan (Secundino, 2011).

1.16 Aditivos antidesgaste

Son aditivos que previenen el desgaste causado por la fricción de los componentes, la existencia de materiales abrasivos y la explosión a ácidos corrosivos. Estos aditivos incluyen compuestos de azufre, fósforo, aditivos alcalinos como sulfonatos, fenatos básicos y fosfato de zinc (Moran, 2015).

Los aditivos antidesgaste evitan que las piezas entren en contacto entre sí formando una capa que evita el adelgazamiento de la película de aceite (Secundino, 2011). Forman una capa delgada sobre las superficies expuestas a la fricción y se usan comúnmente en transmisiones y diferenciales (Brandy, 2016).

1.17 Aditivos antioxidantes del aceite

Evitan que el aceite se oxide debido al oxígeno atmosférico y los gases de escape a altas temperaturas. Ayudan a asegurar los anillos al pistón, reduciendo el sellado del cilindro. La oxidación del aceite hace que la pintura o el barniz se adhiera a los materiales enfriados, creando una capa aislante que dificulta el enfriamiento (Secundino, 2011).

1.18 Aditivos anticorrosivos

Los aditivos anticorrosivos son aquellos que neutralizan los ácidos y evitan la corrosión interna provocada por condensaciones, depósitos de combustión y salinidad. Cuanto mayor sea la cantidad de aditivo anticorrosión, mayor será el índice base del aceite (Secundino, 2011).

Los más mencionados son: el ditiocaramato de zinc, el ditiofosfato de zinc y otros compuestos de fosfosulfato, los mismo que forman una capa densa sobre la superficie (Barrera y Velecela, 2015). La función más importante es prevenir la formación de óxido en las paredes metálicas internas del motor y la formación de condensación del agua (Brandy, 2016).

1.19 Aditivos detergentes

Los aditivos detergentes se utilizan para eliminar depósitos en el sistema de lubricación, quitar depósitos de cal y eliminar depósitos en pistones y anillos de pistón. Evita que la pintura, la goma o las partículas de pintura se adhieran a las piezas metálicas y las mantienen limpias. Cuantos más antioxidantes contiene el aceite, menos aditivos detergentes contiene (Secundino, 2011).

La función principal de estos aditivos es disipar partículas, su objetivo es de mantener limpio el lugar de trabajo (Moran, 2015). Se encargan de remover depósitos de suciedad que terminan en el proceso de combustión para mantener un funcionamiento adecuado del motor (Brandy, 2016).

1.20 Aditivos dispersantes y modificadores de fricción

Según de Secundino (2011), los aditivos dispersantes son los responsables de disminuir la creación de depósitos. El lodo frío es un producto de degradación del aceite que se produce a bajas cargas del motor y bajas temperaturas de funcionamiento y se deposita en el cárter. Estos aditivos son efectivos a bajas temperaturas, es decir, cuando el motor está parado o recién arrancado.

El objetivo principal de estos aditivos es transportar los contaminantes removidos por los propios aditivos de limpieza filtro o cárter del motor (Tenazoa y Mallqui, 2017). Actualmente existen varios tipos de dispersantes, que son un tipo de aditivos que dispersan aceites insolubles, agua y otros contaminantes a bajas temperaturas (Barrera y Velecela, 2015).

La importancia de los modificadores de fricción radica en su capacidad para reducir el rozamiento entre superficies. Cuando se usan correctamente, pueden minimizar el consumo de combustible, especialmente a velocidades medias (Secundino, 2011).

1.21 Clasificación SAE Y API

1.21.1 SAE

La Sociedad Americana de Ingenieros (SAE), clasifica los lubricantes en función de su viscosidad: cuanto más delgados sea el líquido, es el menos denso. Cada grado SAE tiene un

índice de viscosidad cinemática; es una medida de la capacidad de un líquido para resistir el flujo bajo la influencia de la gravedad.

La clasificación SAE de los aceites está representada por dos grupos: monogrados y multigrados. El primero de estos, a su vez, se divide según los cambios de temperatura; en invierno a $-17,78\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en verano a $98,89\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por su parte, los multigrados son sustancias cuya viscosidad se encuentra entre sus definiciones. Por ejemplo, SAE 15W40 tiene una viscosidad de SAE 15W en frío y mantiene una viscosidad SAE 40 a 100°C . Actualmente son los más utilizados (Secundino, 2011).

La clasificación de viscosidad del aceite fue desarrollada por SAE y es conocida por todo el mundo como el estándar SAE J300. Esta característica determina en dos grupos de viscosidad: 6 grados de viscosidad a baja temperatura, seguidos de la letra W (Winter-invierno en inglés) y 5 grados de viscosidad para alta temperatura, identificados por un número. Cada número SAE representa el rango de viscosidad en cSt (Centistokes) a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A continuación, se muestra en la figura 1.8 la clasificación de los aceites monogrados según las normas SAE

Grados de viscosidad SAE de aceites para motor					
Grados de viscosidad SAE	Viscosidad dinámica máxima (mPa · s) en arranque a baja temperatura (°C)	Viscosidad dinámica de bombeo máxima (mPa · s) a baja temperatura (°C)	Viscosidad cinemática (mm ² /s) a 100 °C		Viscosidad dinámica (mPa · s) mínima a 150 °C
			Mínima	Máxima	
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	2,9 (para grados 0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12,5	16,3	3,7 (para grados 15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-	-	16,3	21,9	3,7
60	-	-	21,9	26,1	3,7

Figura 2.11 Clasificación de los aceites
(Secundino, 2011)

1.21.2 API

El Instituto Americano del Petróleo (API) es el organismo americano que, desde 1974 analiza los aceites y los certifica con siglas y símbolos que indican su calidad y el uso para el que está destinado. Teniendo esto en cuenta, los aceites se dividen en diferentes categorías según su calidad usando dos letras. El primero indica si es motor a gasolina o Diesel: S para motores de gasolina y C para motores diésel. El segundo indica la calidad: comienza por la A y continúa con las letras del abecedario (Secundino, 2011).

API clasifica un lubricante según su avance tecnológico y va en conjunto con el modelo del motor. La característica más reciente es la API SN para motores a gasolina y la API CK-4 para motores a diésel (America, 2018).

La clasificación API es un clasificador abierto. Esto representa que se han utilizado mejores aceites en los nuevos modelos de motores para medir el rendimiento y el trabajo que

aportan a los automóviles. Por lo general, cuando se lanza un nuevo nivel de API, el nivel anterior queda obsoleto.

En la siguiente figura 1.9 se observa la clasificación de los aceites con la normativa API para motores a gasolina.

CATEGORIA	DESCRIPCION	VIGENCIA
SA	1900 motores antiguos, úsese bajo recomendación expuesta por el fabricante	30 años
SB	1930 motores antiguos, úsese bajo recomendación expuesta por el fabricante	34 años
SC	Para motores 1967 y anteriores	4 años
SD	Para motores 1971 y anteriores	4 años
SE	Para motores 1979 y anteriores	8 años
SF	Para motores 1986 y anteriores	9 años
SG	Para motores 1993 y anteriores	6 años
SH	Para motores 1995 y anteriores	4 años
SI	Para motores 2001 y anteriores	4 años
SL	Para motores 2004 y anteriores	5 años
SM	Posteriores a 2004	6 años
SN	Octubre 2016	

Figura 2.12 Clasificación de los aceites con la Norma API (América, 2018)

1.22 Mantenimiento

Por mantenimiento entendemos un grupo de actividades (técnicas y administrativas) encaminadas a mantener un artículo o repararlo a un estado en el que pueda realizar sus funciones, con ciertos parámetros específicos, tales como: eficiencia, seguridad y optimización de costos. Estas actividades están orientadas a mantener las funciones requeridas, previniendo fallas prematuras y minimizando sus consecuencias, teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento, la necesidad de conocimiento técnico y el impacto económico del proceso.

1.23 Importancia del mantenimiento

En los procesos industriales y de fabricación, el mantenimiento es fundamental, la calidad de este implica fiabilidad, característica relevante en la industria, toda vez que involucra una operación sin interrupciones y accidentes que retrasen la producción. La vida útil del dispositivo es el tiempo durante el cual pueda funcionar de manera eficiente, teniendo en cuenta diversas condiciones de funcionamiento.

1.24 Tipos de mantenimiento

El propósito del mantenimiento en el vehículo es sumamente importante ya que le permite revisar el correcto funcionamiento del auto y reemplazar los elementos que han sufrido desgaste, para prolongar la vida útil de todos los componentes. Entre los tipos de mantenimiento se encuentran: mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento correctivo, todos, aplicados según las condiciones bajo las cuales se trabajan.

1.24.1 Mantenimiento correctivo

La importancia de este mantenimiento, también conocido como mantenimiento reactivo, se activa cuando se produce un error o avería y la maquina necesita reparación de emergencia o prioridad, lo que lo convierte en un servicio que solo se ejecuta cuando hay un bloqueo del sistema. Si no hay ningún error, el mantenimiento no será válido y debe esperar a que aparezca el error.

Las consecuencias que le acompañan se encuentran en el tiempo de inactividad de imprevistos en el proceso de producción, lo que lleva a la reducción del tiempo de mano de obra y tiempos de reparación más prolongados, afectando las fases de producción posteriores, dañando toda la línea de producción.

1.24.2 Mantenimiento preventivo

Esta tipología, también conocida como mantenimiento programado se realiza bajo condiciones controladas y sin errores sistemáticos antes de que ocurra una avería. En tales casos, el fabricante facilitará instrucciones técnicas indicando los puntos adecuados para la realización de los procedimientos correspondientes. Sin embargo, en muchos casos es la

experiencia del personal de servicio la que determina con mayor precisión el momento exacto para actuar.

Se presenta de acuerdo con un programa predefinido detallando cada proceso, operación, actividad, herramientas y repuestos necesarios para completar el proceso. Debido a este cronograma, este mantenimiento tiene una fecha programada preestablecida, una hora de inicio y finalización, normalmente la programación se realiza de forma específica para cada estación y para dispositivos específicos, aunque se puede realizar de forma genérica a toda una empresa.

El mantenimiento preventivo se realiza cuando no se está en funcionamiento para aprovechar estas horas y mantener el trabajo en marcha, lo que permite a la compañía tener un antecedente de dispositivos que se actualizarán con cada ejecución del programa.

Dentro del mantenimiento preventivo se incorporan programas en las siguientes actividades:

- **Inspecciones programadas:** Realizado para encontrar evidencia de errores en las máquinas y sistemas para anticipar y planificar restauraciones para resolver el problema antes de que afecte la fabricación.
- **Actividades repetitivas:** Incluyen inspeccionar, equilibrar o cambiar lubricantes, limpiar y ajustar componentes y/o equipos.
- **Programación de actividades:** Operaciones de programación que se realizan teniendo en cuenta las frecuencias establecidas, a partir del cual se evalúa el trabajo a realizar, el personal y los recursos necesarios.

1.24.3 Mantenimiento predictivo

El objetivo de este servicio es determinar permanentemente el estado técnico real (mecánico y eléctrico) de la máquina respectiva, teniendo en cuenta un análisis durante la operación. Esto se hace usando programas sistemáticos que miden los parámetros de funcionamiento más importantes de la máquina en tiempo real. Esta ciencia se basa en el uso

de algoritmos numéricos que, junto con el procedimiento de diagnóstico, indican los parámetros de la máquina y proporcionan información sobre su estado actual.

Está diseñado para reducir los costos de mantenimiento y no fabricación, evitando así los tiempos de inactividad debido al mantenimiento preventivo. Además, está orientado a acortar los tiempos muertos, alargando la vida útil de las máquinas y equipos, minimizando el consumo energético de la planta. Para realizar este tipo de mantenimiento, se debe invertir en las herramientas adecuadas, el equipos y personal capacitado adecuados para trabajar con ellos (Ortega y Martínez, 2011).

El mantenimiento predictivo hace uso de técnicas como:

- Analizadores de vibración
- Endoscopia
- Ensayos no destructivos
- Termovisión
- Medición de parámetros de operación

1.25 Emisiones contaminantes

Dentro del desarrollo industrial, han variado las dinámicas biológicas y químicas de la tierra. A partir de la transformación industrial, se consumen recursos excesivamente produciendo demasiados residuos. Tal es el caso de los gases contaminantes como el Monóxido de carbono (CO), Óxido de nitrógeno (NO_x), Dióxido de carbono (CO₂) e Hidrocarburos (HC).

1.25.1 Monóxido de carbono (CO)

El CO es considerado un gas altamente contaminante, producido en la combustión defectuosa, en base al carbono en el medio ambiente donde existe exceso de oxígeno; es un gas incoloro, inoloro e insípido y tóxico (Chávez, 2019).

Para disminuir las probabilidades de presencia de este gas, es importante realizar mantenimiento de las máquinas y motores de manera frecuente.

1.25.2 Óxido de nitrógeno (NO_x)

El NO_x el cual hace referencia al óxido nítrico (NO), es un gas que se produce cuando se alcanza altas temperaturas en las cámaras de combustión y reacciona con los hidrocarburos cuando se exponen a la luz solar, lo cual provoca el ozono troposférico, que se considera que es uno de los contaminantes más importantes (Chávez, 2019).

1.25.3 Dióxido de carbono CO₂

El CO₂ es un elemento presente en la atmósfera en una cantidad de alrededor del 0.035% por ciento aproximadamente, la exposición a corto plazo al CO₂ no causa ningún efecto nocivo, o se encuentran a niveles por debajo del 2% por ciento (Chávez, 2019).

1.25.4 Hidrocarburos

Los HC se componen de la mezcla del hidrógeno y el carbono, constituyen elementos expulsados por el tubo de escape del automóvil, muy tóxicos para el ser humano y el medio ambiente, y precursores del ozono por los compuestos orgánicos volátiles que contienen (Jiménez, 2018).

1.26 Normativa ecuatoriana de gases de escape

Según el INEN (2202), la norma NTE establece valores límites en las emisiones contaminantes que permiten la circulación de fuentes móviles a lo largo del país, ayudando al medio ambiente. La figura 1.10 se puede observar los valores permitidos.

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Figura 2.13 Límites máximos de emisiones
(INEN, 2016)

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Enfoque y tipo de investigación

En el trabajo de investigación se realiza un estudio de campo, para ello se utilizan los ensayos tribológicos pertinentes para un vehículo con motor MEP, de acuerdo con las condiciones de altura y geográficas de las ciudades Quito y Santo Domingo. Posteriormente se analizan los resultados de los ensayos tribológicos para determinar el nivel de desgaste del motor MEP en condiciones de altura.

2.2 Tipo de investigación:

2.2.1 Método bibliográfico

Para la investigación del presente proyecto se realiza una revisión sistemática de fuentes bibliográficas para recopilar la información de artículos, tesis y libros que sustentan teóricamente el presente proyecto.

2.2.2 Método experimental

El método experimental se caracteriza por la capacidad de manipular y controlar las variables de estudio con el fin de explorar las relaciones que existen en los fundamentos del método científico.

En el desarrollo del presente trabajo se obtienen resultados con base a los valores de las pruebas tribológicas en el vehículo, bajo la variación de condiciones de funcionamiento del motor.

2.2.3 Método descriptivo

El método descriptivo se basa en la recopilación de datos cuantificables que se pueden analizar con fines estadísticos del proyecto. Su empleo permite recopilar los resultados obtenidos en los laboratorios, para realizar el respectivo análisis de los aceites que fueron expuestos a distintas alturas geográficas.

En este capítulo se desarrolla una metodología experimental, caracterizada por permitir manipular y controlar las variables de estudio, con el objetivo de investigar las relaciones del método científico. En este sistema se seleccionan valores para comparar varias medidas de comportamiento de un conjunto, con los resultados de un grupo experimental.

El propósito del estudio es examinar qué tipo de aceite es el adecuado para un motor con una vida útil determinada, que mantenga un funcionamiento óptimo con el fin de alargar el tiempo de vida prolongada para disminuir el desgaste entre sus componentes fijos y móviles y así disminuir las emisiones de gases contaminantes.

Pocas empresas en Ecuador realizan un análisis inicial del lubricante que será en el motor, ya que este depende no solo de una marca de los diferentes componentes del aceite. Mediante el experimento se efectuó una prueba de ruta para un análisis tribológico del motor de combustión interna ciclo Otto, con dos tipos de lubricantes, realizando en dos ciudades diferentes, con el fin de analizar el desgaste de los componentes internos del motor según el aceite utilizado.

A continuación, se presenta la figura 2.1 del vehículo Nissan Sentra B15 del año 2002, con un kilometraje de 317920 km, de 1769 cm³ de cilindrada, el cual fue utilizado para las pruebas de trayecto con combustible Extra de 89 octanos.



Figura 2.1 Vehículo Nissan Sentra (vehículo para la prueba)

El kilometraje para el ensayo a transitar del automóvil fue aproximadamente de 8 000 Kilómetros, el cual fue recorrido en diferentes ciudades Quito y Santo Domingo las que se indican a continuación.

Una de las rutas fue utilizada en la ciudad de Quito, como se indica en la figura 2.2, la cual presentó distintos tipos de cambios climáticos, así afectando el funcionamiento y productividad del vehículo, debido al cambio de altitud en las que se encuentran las diferentes ciudades, normalmente la ciudad se encuentra a una altura de 2850 m s. n. m. y a una temperatura de 10 a 25°C, y también a una presión atmosférica de 72 kPa como se muestra en la tabla 2.1. También se utilizó los dos tipos de aceites 10w30 y 20w50, con 2 000 kilómetros cada aceite.



Figura 2.2 Ruta Quito
(Google maps)

Tabla 2.1 Datos generales de Quito

DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	
ALTITUD	2850 m s. n. m.
TEMPERATURA	Entre 15 y 18 ° grados centígrados
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	72 kPa

La segunda ruta fue trazada en la ciudad de Santo Domingo, como se observa en la figura 2.3, con los dos tipos de aceites 10w30 y 20w50, la cual fue recorrida dos veces. Cada aceite se lo utilizó con recorrido de 2 000 kilómetros aproximadamente. También se presentó variación de temperatura durante el recorrido. En la tabla 2.2 se muestra la altitud de 655 m s. n. m., una temperatura de 22,9 °C y la presión atmosférica de 100 kPa.



Figura 2.3 Ruta Santo Domingo
(Google maps)

Tabla 2.2 Datos generales de Santo Domingo

DISTRITO SANTO DOMINGO	
ALTITUD	655 m s. n. m.
TEMPERATURA	Entre 23 y 25 ° grados centígrados
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	100 kPa

Después de la realización de las dos pistas trazadas y posiblemente el mismo kilometraje recorrido de cada aceite. En el futuro, un análisis de aceite proporcionara una comparación aproximada del desgaste de los componentes internos del motor.

Una vez alcanzando el kilometraje deseado, se procedió a extraer el aceite, para él envío al laboratorio y realizar el respectivo análisis de aceite.

Se realizó el siguiente trabajo:

Proceso 1: cambio de lubricante a temperatura de operación, mientras se drena el aceite a través del tapón del cárter, se toma una muestra de aceite para su posterior análisis en un recipiente de 100 ml completamente limpio según la especificación del laboratorio.

Proceso 2: cerrado la muestra y con las especificaciones del aceite.

Tomada la primera muestra de aceite se procede a ejecutar las determinas trayectorias con el siguiente aceite lubricante en la misma ciudad de Quito y luego realizar lo mismo para la ciudad de Santo Domingo con los dos lubricantes 10w30 y 20w50, cabe recalcar que para los dos lubricantes es el mismo recorrido, con el fin de poder realizar una comparación entre los dos lubricantes.

A continuación, se presentan tablas de los aceites 10w30 y 20w50 con las características físicas y químicas de los lubricantes como se observa posteriormente en las tablas 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3 Especificaciones aceite (10w30)

ESPECIFICACIONES		SAE 10W30, API SN	
PRUEBA	UNIDAD	VALOR TÍPICO	
Viscosidad @ 100 C	cSt	10.5	
Viscosidad @ 40 C	cSt	70	
Índice de viscosidad		135	
Punto de escurrimiento	C Max	-39	
Punto de inflamación PMCC	C min	215	
Densidad relativa @ 15 C	Kg/l	0.89	

(Datos Fabricante)

Tabla 2.4 Especificaciones aceite (20w50)

ESPECIFICACIONES		SAE 20W50, API SN	
PRUEBA	UNIDAD	VALOR TÍPICO	
Viscosidad @ 100 C	cSt	18	
Viscosidad @ 40 C	cSt	170	
Índice de viscosidad		128	
Viscosidad CCS @ -15 C	cP	Max 9.500	
Punto de escurrimiento	de C Max	-36	
Punto de inflamación PMCC	de C min	235	

(Datos Fabricante)

2.3 INTENCIÓN METODOLÓGICA

En el desarrollo de una investigación es de vital importancia ejecutar un diagrama de los procesos tomando en cuenta las diferentes fases, como se indica en la figura 2.4.

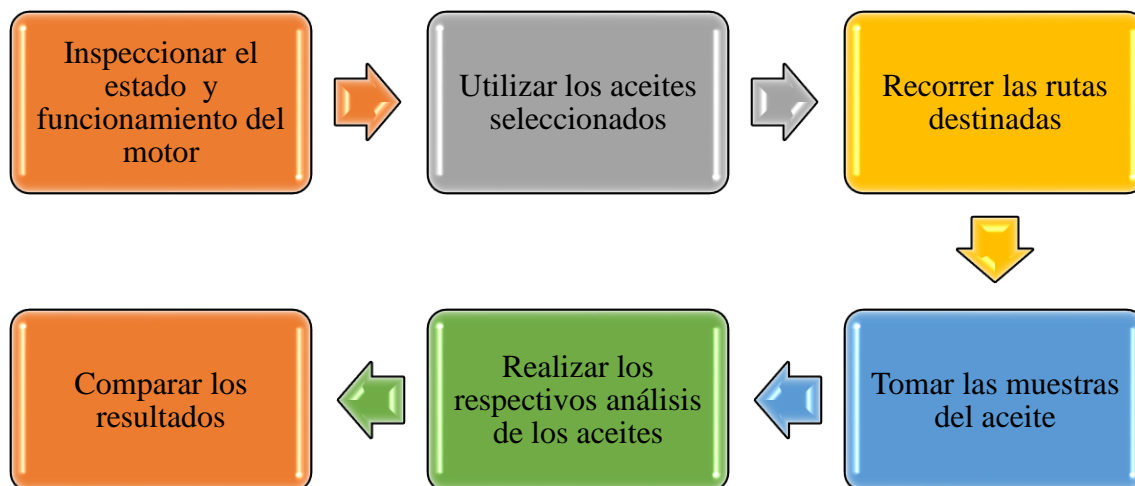


Figura 2.4 Proceso de desarrollo

2.4 INSPECCIÓN VISUAL

De acuerdo con la tabla 2.5 donde se muestra la ficha técnica del vehículo (prueba).

Tabla 2.5 Especificaciones del motor

FICHA TÉCNICA VISUAL	
Marca:	Nissan
Modelo:	Sentra
Serie.	B15
Cilindraje:	1769 cm ³
Números de los cilindros.	4
Posición de los cilindros:	Lineal (L)
Potencia:	127 CV @ 6000rpm.
Torque:	175 Nm @ 2400rpm.
Sistema de combustible:	Inyección indirecta multipunto
Combustible:	Gasolina
Clase de Vehículo:	Particular

2.5 INSPECCIÓN TÉCNICA

Para efectuar este experimento se realizó una inspección técnica se procedió a encender el vehículo y realizar las pruebas comparativas, siempre tomando en cuenta que la inspección visual es importante para verificar el correcto funcionamiento del motor para las pruebas.

Durante la inspección técnica del motor se realizó un ABC del motor para garantizar el desempeño y eficiencia del vehículo. Además, también se reduce el consumo de combustible y se reducen sus emisiones contaminantes. Se cambio el sensor de oxígeno, ya que se encontraba en mal estado, también se colocó el catalizador en el vehículo.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los análisis de aceites usados de un motor muestran partículas, presentes en los materiales de desgaste.

A decir de Viteri y Jaramillo (2011) la cantidad o acumulación de moléculas metálicas en suspensión (concentración) en el aceite lubricante decretará si el desgaste en el motor es normal, progresivo o acelerado. No obstante, el mecanismo del estudio de los distintos tipos de lubricantes debe soportar la zona del motor con la que se pueda determinar el crecimiento del desgaste y registrar estadísticamente el desgaste originado.

Por lo general los desperfectos relacionados con el aceite son causadas por la contaminación en este, el desgaste del motor o la falta de lubricación en algunos componentes determinado (Padilla, 2013).

El propósito fundamental del aceite del motor como composición de aceite base y aditivos químicos es lubricar las piezas móviles para disminuir la fricción y el desgaste, evadiendo la corrosión (Bordatchev et al., 2010).

3.1 Análisis para el aceite 10W30 Quito y Santo Domingo

Si se tiene en cuenta que entre los aceites usados es posible encontrar contenidos de: Plata; Aluminio; Boro; Bario; Calcio; Cromo; Cobre; Hierro; Litio; Magnesio; Manganeso; Molibdeno; Níquel; Fósforo; Plomo; Antimonio; Silicio; Estaño; Titanio; Vanadio y Zinc, es comprensible resaltar la necesidad de analizar el contenido de los mismos en los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo.

A partir de lo antes planteado, en lo que respecta a la Plata, el análisis realizado evidencia que, tanto para el aceite nuevo como los aceites usados, los valores en contenido de Plata fueron de 0 mg/kg, para las tres muestras, como se observa en la figura 3.1. Es válido destacar que la mayoría de los motores no tienen partes o elementos compuestos por Plata, lo que muestra que el motor se encuentra en condiciones normales de funcionamiento por lo que la potencia y el torque no se ven afectados y las emisiones están dentro del límite.



Figura 3.1 Contenido de Plata en el Aceite 10W30

Respecto al Aluminio, la figura 3.2 muestra que para el aceite nuevo se obtiene un valor de 0,71 mg/kg y para los aceites usados 1,41 mg/kg y 1,55 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente. La presencia de su contenido en el lubricante puede presentarse por dos motivos, el primero por la existencia de impurezas, contaminado por el aceite anterior y el segundo debido a la presencia de desgaste de pistones, bielas, cojinetes de biela, cojinetes de árbol de levas y bancada, o también por la entrada de aire contaminado por suciedad y polvo que se introduce en el motor con una proporción que varía entre 0,29% a 0,33% (Jaramillo et al., 2011).

La presencia de poca cantidad de Aluminio en el aceite, por lo general no presenta gravedad, pero en el caso de que exista exceso de contaminación por este, el motor puede presentar ciertos problemas como ralentí irregular, ruidos del motor, golpeteos del motor, aceleración deficiente y luz de advertencia en el tablero indicando que el lubricante está deteriorado y no cumple con su debida función.

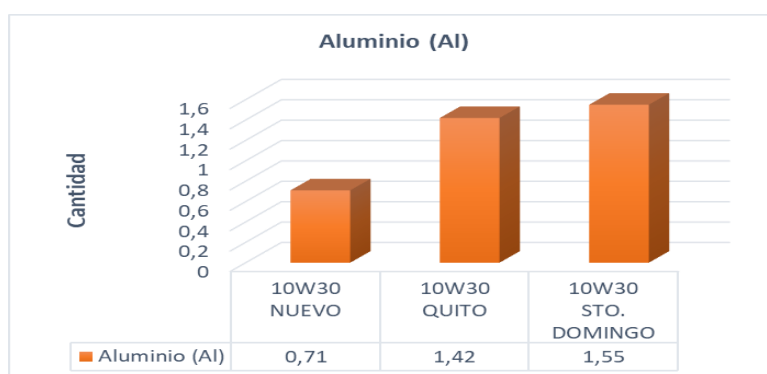


Figura 3.2 Contenido de Aluminio en el Aceite 10W30

A decir del contenido de Boro, la figura 3.3 refleja que en el aceite nuevo se obtiene un valor de 98,77 mg/kg, y para los aceites usados un resultado de 69,9 mg/kg y 36,41 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente. Su presencia no se debe precisamente al desgaste de elementos del motor, sino que ejecuta como un aditivo antidesgaste y modificador de fricción. Existen también aceites con formulaciones sin Boro, pero frecuentemente son utilizados para mejorar los aceites básicos y de esa manera cumplir con las normas, por lo que el aceite nuevo tiene mayor presencia de Boro, según recorre el vehículo este se desgasta. La contaminación del aceite por el Boro no presenta gravedad, por lo que no existe reducción de potencia ni torque, señalando que el vehículo está en perfectas condiciones.

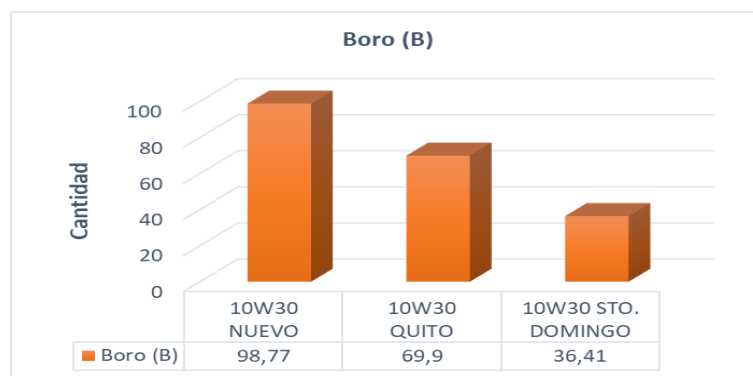


Figura 3.3 Contenido de Boro en el Aceite 10W30

Es preciso indicar que la mayor parte de los motores no tienen elementos o ensambles que estén fabricados por Bario; ello muestra que el motor se encuentra en condiciones normales de funcionamiento, la potencia y el torque no se ven afectados y las emisiones están dentro del límite. En este sentido, la figura 3.4 muestra que tanto el aceite nuevo como los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo exhiben valores de 0 mg/kg en contenido de Bario, para las tres muestras.



Figura 3.4 Contenido de Bario en el Aceite 10W30

El Calcio es un elemento utilizado para combatir el hollín y mantener las impurezas y lodos flotantes hasta llegar al filtro, previniendo que se aglomeren o se unan a las superficies metálicas. Consecuentemente, la figura 3.5 refleja, para el aceite nuevo, un valor de 445,62 mg/kg, en tanto, para los aceites usados los valores son de 426,64 mg/kg y 1432 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente, producido, debido a la presencia de aditivos detergentes/dispersantes. Es válido resaltar que para la ciudad de Quito se consume el Calcio porque está presente en los aditivos, por su parte, para la ciudad de Santo Domingo hubo presencia de grasas evidenciado un resultado elevado. No obstante, no se ven afectados la potencia ni el torque y se puede decir que el motor trabaja en perfectas condiciones.

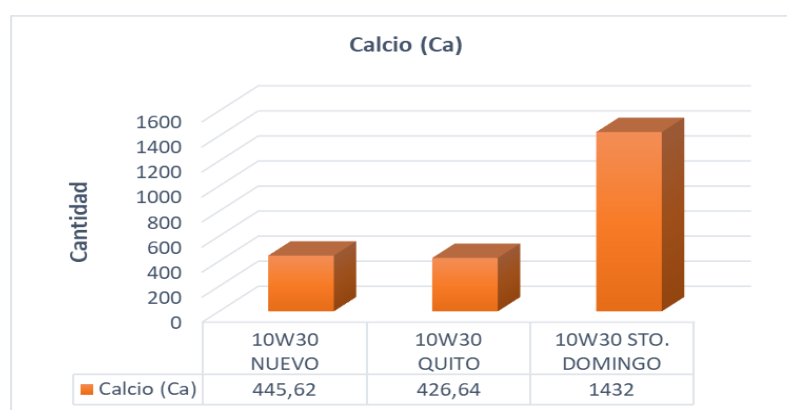


Figura 3.5 Contenido de Calcio en el Aceite 10W30

La figura 3.6 refleja que en el análisis realizado tanto para el aceite nuevo como para los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo se obtienen valores de 0 mg/kg

en contenido de Cadmio para las tres muestras. Ello, producto a que el aceite no contiene este elemento dentro de su composición al igual que la mayoría de los ensambles fabricados para los motores. Lo anterior indica que el motor se encuentra en condiciones normales de funcionamiento, motivo por el que la potencia y el torque no se ven afectados y las emisiones están dentro del límite.



Figura 3.6 Contenido de Cadmio en el Aceite 10W30

El contenido de Cromo en el lubricante puede darse por dos motivos: el primero, por la existencia de impurezas del anterior aceite y el segundo por la presencia de desgaste de camisas, válvulas de escape, anillos y cojinetes. Su presencia normalmente se origina como un indicador de suciedad en el lubricante, la proporción de moléculas de Cromo en el aceite, por lo general no presenta gravedad, pero en el caso de que exista exceso de contaminación el motor puede presentar ciertos problemas como ralenti irregular, disminución de presión de aceite, consumo excesivo de aceite, aceleración deficiente, pérdida de potencia del motor y luz de advertencia en el tablero indicando que el lubricante está deteriorado y no cumple con su debida función. Según muestra la figura 3.7, en el análisis del aceite nuevo se obtiene un valor de 0 mg/kg, mientras que para los aceites usados los resultados exhiben 0,11mg/kg y 0,25 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente.

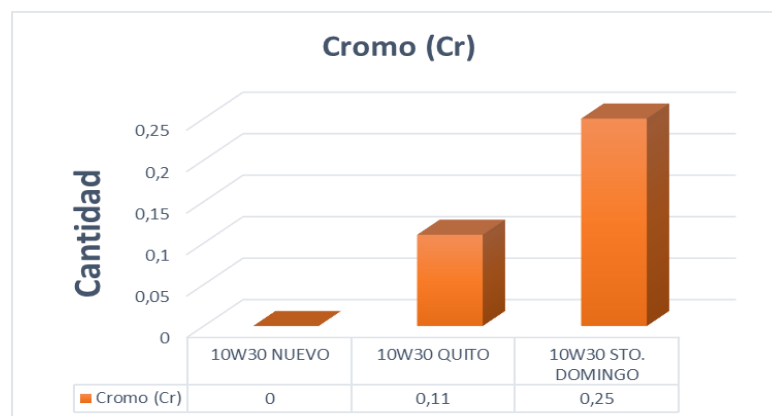


Figura 3.7 Contenido de Cromo en el Aceite 10W30

Como indica en la figura 3.8, el contenido de Cobre en el lubricante nuevo muestra un valor de 0,12 mg/kg, mientras que para los aceites usados los valores son de 0,4 mg/kg y 0,58 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente. El incremento del contenido de Cobre en el lubricante puede ser por dos motivos: el primero por la existencia de impurezas del anterior aceite y el segundo por la presencia de deterioro de ciertos componentes del motor como cojinetes de empuje del cigüeñal, bujes, guías de válvulas y bujes de biela; normalmente estos componentes generalmente están conectados estructuralmente y tiene capas exteriores de varios metales blandos necesarios y fabricados para reducir el desgaste y asimilar los golpes.

Esta muestra de desgaste se produce por el desperfecto de la viscosidad del lubricante, durante el uso, lo que resulta una reducción se tiene de la lubricación hidrodinámica para promover la lubricación límite. En caso de existir exceso de contaminación por Cobre, el motor puede presentar ciertos problemas como ralentí irregular, ruidos del motor, golpeteos del motor, aceleración deficiente, pérdida de potencia y luz de advertencia en el tablero indicando que el lubricante está deteriorado y no cumple con su debida función.

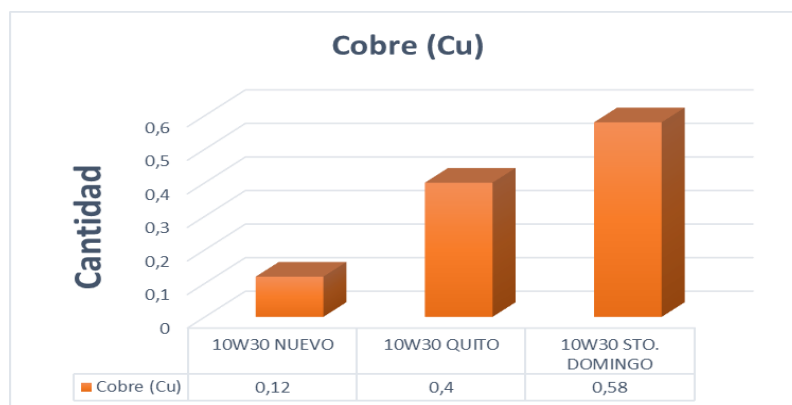


Figura 3.8 Contenido de Cobre en el Aceite 10W30

Por su parte, la figura 3.9 exhibe valores de 1,73 mg/kg para el aceite nuevo, en el caso de los aceites usados los valores alcanzan los 6,68 mg/kg y 4,98 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente. El contenido de aumento del Hierro en el lubricante es debido a la presencia de desgaste de ciertos elementos como cilindros y segmentos, pero además pueden ser el árbol de levas, cigüeñales, válvulas, guías de válvulas, cojinetes y bombas de aceite (Avila, 2017).

El exceso de partículas de Hierro en el aceite, por lo general, produce daños en el motor, debido a que, el aceite no circula lubricando los elementos del motor, razón por la cual puede emitir ruidos extraños, crujidos, e incrementar su temperatura, provocado una baja potencia y torque, indicando que el lubricante está deteriorado y no cumple con su debida función.

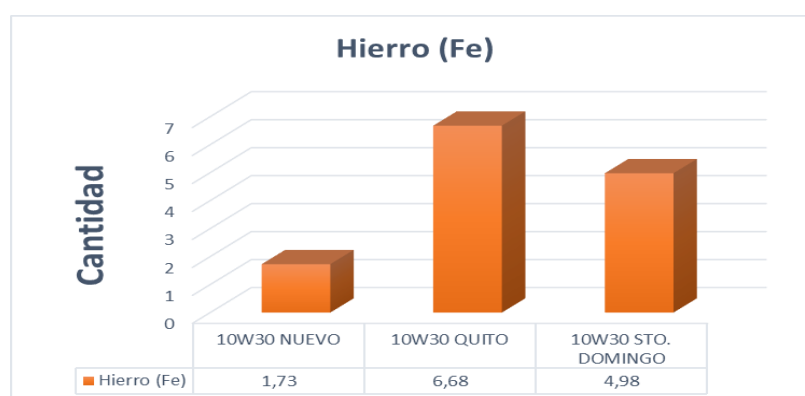


Figura 3.9 Contenido de Hierro en el Aceite 10W30

A decir del Potasio, su presencia generalmente está relacionada con el aditivo del refrigerante; el potasio a veces puede ingresar al motor a través de la humedad del aire, pero más comúnmente es agua residual que puede entrar por algún tipo de junta o empaquetadura “soplada”, bloque perforado, o simplemente lavando el motor con agua a alta presión; también puede ingresar por la varilla de medición de aceite. La figura 3.10 muestra valores de 0,11 mg/kg en el aceite nuevo y para los aceites usados 0,21mg/kg y 1,5 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente. No se ven afectados la potencia ni el torque del motor, el resultado de las emisiones está dentro del límite, ya que puede ser por el poco recorrido dado al vehículo.

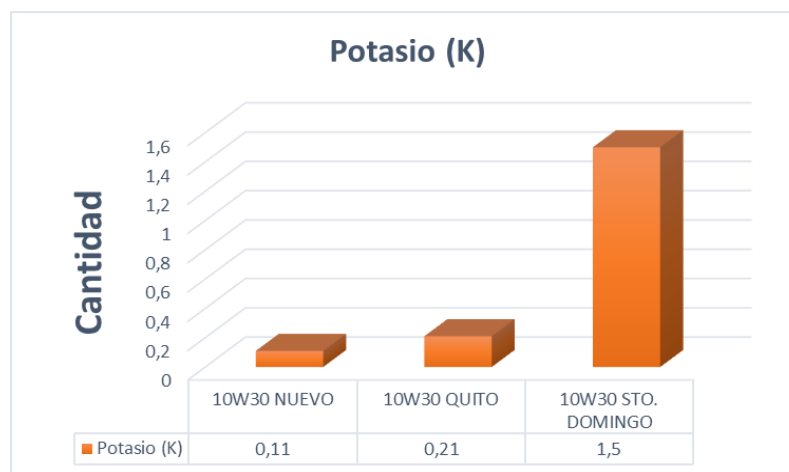


Figura 3.10 Contenido de Potasio en el Aceite 10W30

Como se indica en la figura 3.11 el resultado obtenido para el aceite nuevo en la ciudad de Quito es de 0 mg/kg, en tanto para la ciudad de Santo Domingo se exhiben valores de 0,39 mg/kg, resultado originado por la presencia de aditivos y grasas. La contaminación por Litio no presenta gravedad en el funcionamiento del motor, motivo por el cual no se manifiestan afectaciones en la potencia ni en el torque del motor. El resultado de las emisiones se encuentra dentro del límite, posiblemente, por el poco recorrido que se le dio al vehículo.

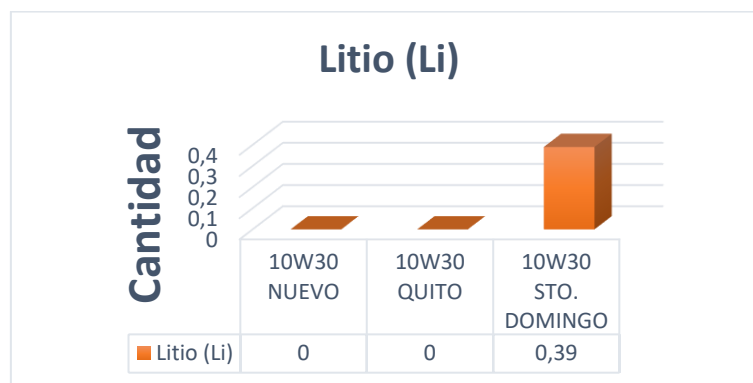


Figura 3.11 Contenido de Litio en el Aceite 10W30

Respecto al Magnesio, la figura 3.12, muestra, para el aceite nuevo un valor de 749,25 mg/k y en los aceites usados 573,42 mg/kg y 164,4 mg/kg, para la ciudad de Quito y Santo Domingo, respectivamente, como resultado de que está presente en los aditivos detergentes/dispersantes. Es utilizado para combatir el hollín, mantener las impurezas y lodos flotantes hasta llegar al filtro, previniendo que se aglomeren o se unan a las superficies metálicas. Como cualquier antiácido, estos se ingieren, por ello la presencia de Magnesio baja su porcentaje a mayor recorrido del motor. En este sentido se puede decir que el motor está trabajando en perfectas condiciones, sin afectaciones en la potencia ni el torque, las emisiones en ralentí y altas están dentro de los límites.

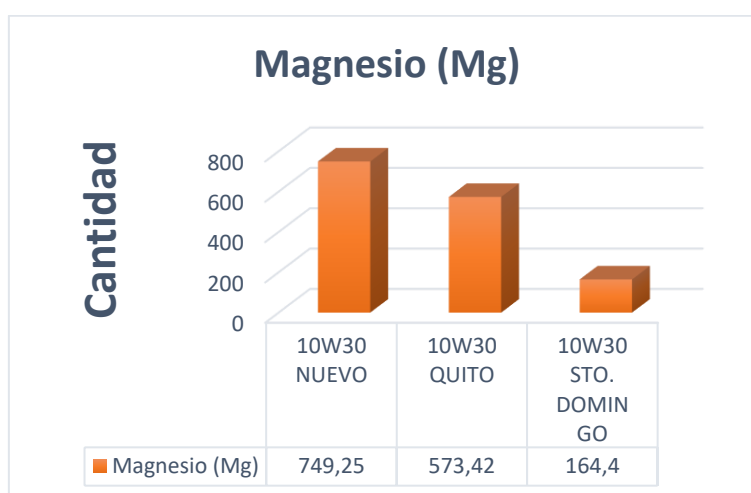


Figura 3.12 Contenido de Magnesio en el Aceite 10W30

El contenido de aumento del Manganeseo en el lubricante es debido a la presencia de desgaste de ciertos componentes como los cojinetes, bujes, arandelas de presión y tubos enfriadores de aceite. En el momento que existen partículas en el aceite, se perjudica por completo el funcionamiento del motor, por ejemplo, los ruidos, producidos por la deficiencia de lubricación en el motor, a causa de ello se origina además una baja potencia y torque del motor; no obstante, mientras los valores estén dentro de lo permisible el motor estará en perfectas condiciones de operación. En este sentido la figura 3.13 muestra para el aceite nuevo un valor de 0,57 mg/kg, y para los aceites usados, un resultado de 0,43 mg/kg y 0,53 mg/kg, para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente.



Figura 3.13 Contenido de Manganeseo en el Aceite 10W30

La presencia del Molibdeno en las muestras de aceites puede ser debido al desgaste en altas temperaturas y presiones de ciertos componentes como es el caso de los anillos de pistón y aditivos. En la figura 3.14, se observa que la concentración de este elemento en el aceite nuevo obtiene un valor de 55,67 mg/kg, y en los aceites usados 39,15 mg/kg y 10,06 mg/kg, para la ciudad de Quito y Santo Domingo respectivamente. En estas formulaciones el Molibdeno ejerce la máxima protección, posiblemente la presencia en el aceite en Santo Domingo es menor que en la ciudad de Quito porque el vehículo tuvo mayor recorrido. Por lo general no se evidencian daños en el motor, no se ven afectados la potencia ni el torque y las emisiones en ralentí y altas están dentro de los límites.

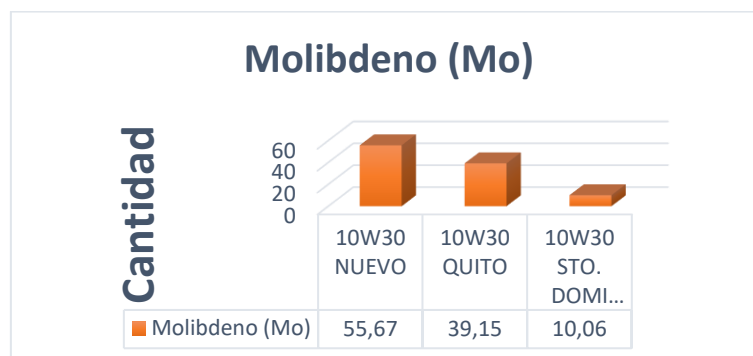


Figura 3.14 Contenido de Molibdeno en el Aceite 10W30

Según muestra la figura 3.15 la existencia de Sodio en el aceite nuevo es de 1,19 mg/kg y para los aceites usados 3,34 mg/kg y 8,36 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente. En este sentido es válido tener en cuenta, por una parte, que la presencia de Sodio está relacionada con el aditivo del refrigerante; por otro lado, la muestra del aceite fue tomada con el motor caliente, en algunos casos, el Sodio puede ingresar al motor con la humedad del aire, pero generalmente es agua residual.

La misma puede ingresar a través de algún tipo de junta “soplada” o bloque perforado, o simplemente lavando el motor con agua a alta presión, o también puede ingresar por la varilla de medición de aceite. Además, se puede decir que para la ciudad de Santo Domingo el aceite se contaminó con agua, dado que el clima es más caliente y tiene mayor humedad que la ciudad de Quito, por ello da mayor resultado. Independientemente de lo planteado no se ven afectados la potencia ni el torque del motor, el resultado de las emisiones está dentro del límite, posiblemente por el poco recorrido dado al vehículo.

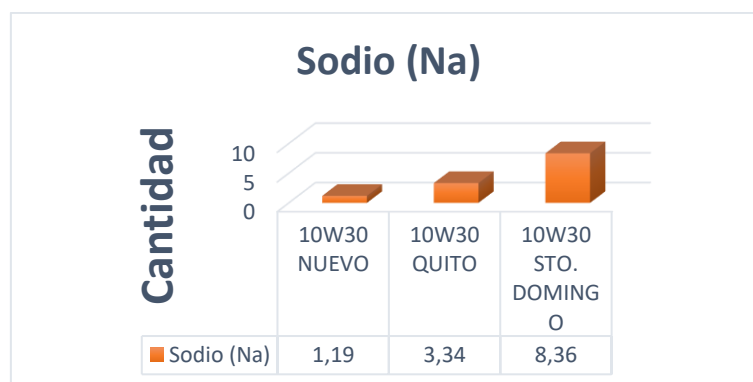


Figura 3.15 Contenido de Sodio en el Aceite 10W30

El contenido de incremento del Níquel en el lubricante puede ser por dos motivos: el primero por la existencia de impurezas del anterior aceite y el segundo por la presencia de desgaste de ciertos elementos del motor como cojinetes, válvulas y ejes. En este sentido la figura 3.16 muestra para el aceite nuevo un valor de 0,24 mg/kg, y para los aceites usados 0,41 mg/kg y 0,65 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente. La contaminación del aceite por Níquel no presenta gravedad, por lo que no existe reducción de potencia ni de torque, señalando que el vehículo está en perfectas condiciones, en el resultado del análisis de gases los valores están dentro del límite permisible.

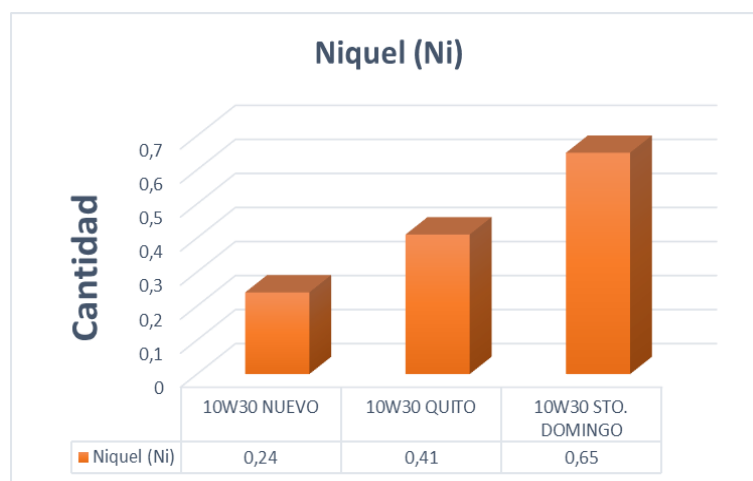


Figura 3.16 Contenido de Níquel en el Aceite 10W30

El Fósforo junto con el Zinc se incorporan en el lubricante para desempeñar ciertas funciones antidesgastantes y su concentración depende del tipo de fabricante, uso y aplicación. Los niveles de Fósforo que se indican en las muestras de referencia pueden atribuirse al uso y aditivos del aceite nuevo, sin embargo, ciertas combinaciones de Zinc y Fósforo residen en áreas críticas del motor para ser gastados durante lubricación límite cuando falla la lubricación hidrodinámica y no cumple con los requisitos de fricción y presión. Consecuentemente, la figura 3.17 muestra un valor de 597,83 mg/kg y para los aceites usados un resultado de 538,96 mg/kg y 656,09 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente.

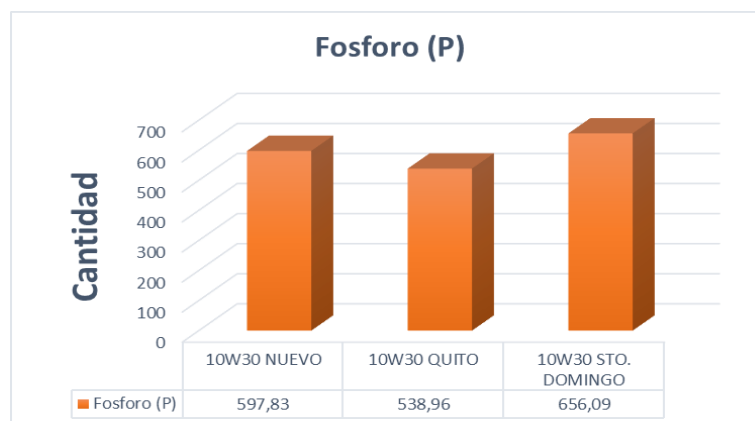


Figura 3.17 Contenido de Fósforo en el Aceite 10W30

La presencia de Plomo generalmente está asociada al desgaste de los cojinetes y bujes, pero también puede estar presente en el combustible. El principio más común de su aparición en el lubricante es la corrosión de los cojinetes en motores que han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo con lubricante semi-usado o sucio. Las impurezas y los ácidos que se crean en el lubricante provocan corrosión cuando no se usa.

Esta muestra de desgaste es causada por el defecto de la viscosidad en el lubricante durante el uso, lo que resulta una reducción de la lubricación hidrodinámica para proporcionar una lubricación límite, es un aviso de que el aceite está contaminado y que no está generando su respectiva función que es la correcta lubricación del motor, generando reducción de potencia o altas temperaturas en el motor; por otra parte, el resultado de las emisiones está dentro del límite.

En los valores resultantes en el análisis realizado se evidenció que la existencia de Plomo en el aceite nuevo es de 0,7 mg/kg, y para los aceites usados de 1,17 mg/kg y 0,12 mg/kg, para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente, como se muestra en la figura 3.18.

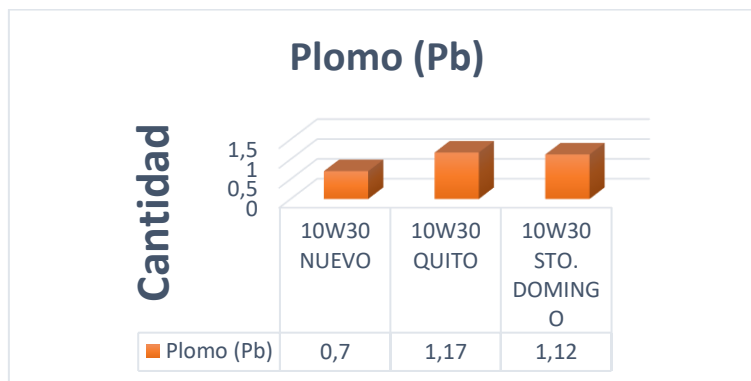


Figura 3.18 Contenido de Plomo en el Aceite 10W30

En la figura 3.19, se puede observar que los valores del Antimonio, en el aceite nuevo y el aceite usado en la ciudad de Quito es de 0 mg/kg, y en el usado 0,18 mg/kg para la ciudad de Santo Domingo. La presencia del Antimonio en las muestras de aceites puede ser debido al desgaste de elementos como cojinetes de biela y bancada, también por la presencia de grasas. La contaminación del aceite por Antimonio no presenta gravedad, por lo que no existe reducción de potencia ni de torque, señalando que el automóvil está en perfectas condiciones, mediante el resultado de análisis de gases los valores están dentro del límite permisible.

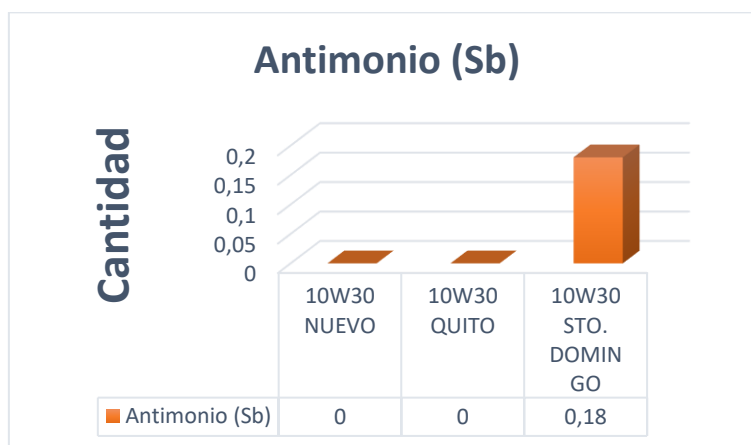


Figura 3.19 Contenido de Antimonio en el Aceite 10W30

La presencia de Silicio en las muestras de aceites puede ser debido a los aditivos antiespumantes. Esto está asociado a la aparición de fugas en la estanqueidad del sistema de lubricación, cristalización de juntas, suciedad, aditivos de aceite y refrigerante. Los niveles altos

de Silicio pueden resultar de la entrada de suciedad o polvo que ingresa por el sistema de admisión de aire, lo que indica la necesidad de un reemplazo, servicio o mantenimiento regular del filtro de aire. La figura 3.20 evidencia que en el análisis del aceite nuevo y aceite usado en la ciudad de Quito, se obtienen valores de 0 mg/kg, en tanto, para la ciudad de Santo Domingo se alcanzan los 0,35 mg/kg.

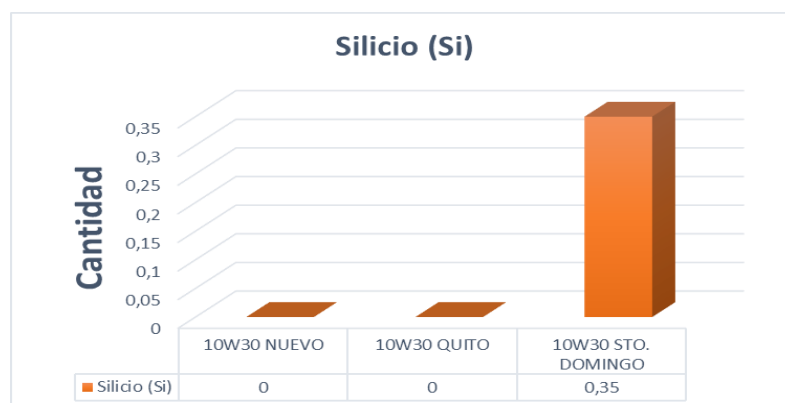


Figura 3.20 Contenido de Silicio en el Aceite 10W30

A decir del Estaño la figura 3.21 muestra, en el aceite nuevo un valor de 1,45 mg/kg y en los aceites usados de 0,44 mg/kg y 0,15 mg/kg para la ciudad de Quito y Santo Domingo respectivamente. Su presencia en las muestras puede ser debido al desgaste de ciertos elementos como: cojinetes, bujes y bujes de biela. Aunque esta no presenta gravedad, si indica que existe desgaste de los elementos del motor anteriormente mencionados, dando como resultado la aceleración ineficiente, disminución del rendimiento, incremento de temperatura, disminución de la presión de aceite, pérdida de compresión y mal funcionamiento del motor, resultados de una lubricación ineficiente.

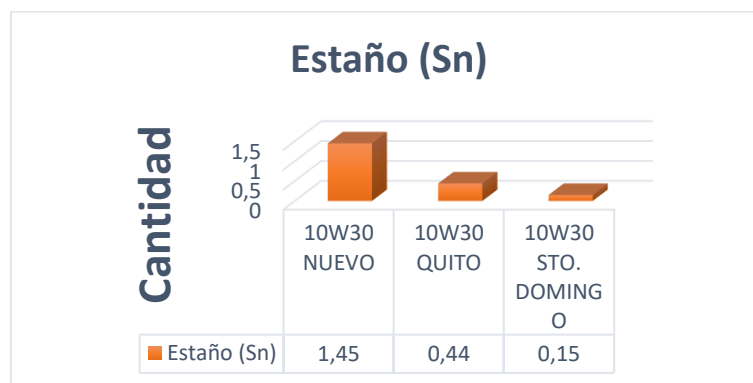


Figura 3.21 Contenido de Estaño en el Aceite 10W30

Tal como muestra la figura 3.22 para las 3 muestras, en el análisis de la presencia de Titanio, tanto el aceite nuevo como los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo exhiben valores de 0 mg/kg en contenido de dicho elemento. Ello, considerando que el aceite no contiene Titanio dentro de su composición y que la mayoría de los motores no tienen elementos o ensambles que estén fabricados por Titanio. Es válido resaltar que el motor se encuentra en condiciones normales de operación por lo que la potencia y el torque no se ven afectados y las emisiones están dentro del límite.

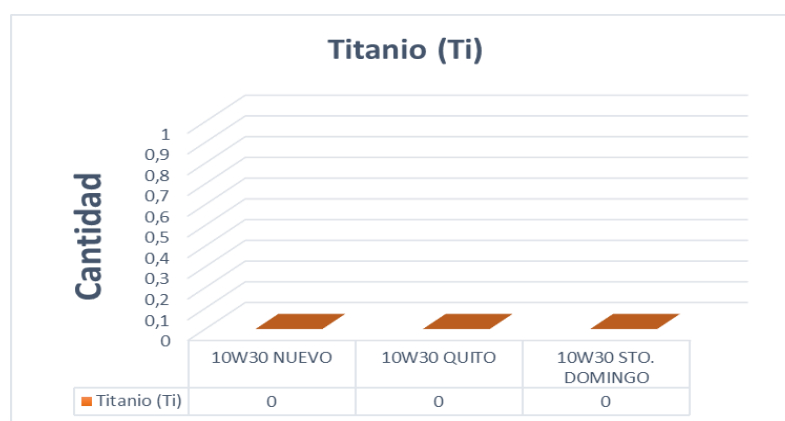


Figura 3.22 Contenido de Titanio en el Aceite 10W30

La presencia del Vanadio en las muestras de aceites puede ser debido al desgaste de elementos como cojinetes de biela y bancada, también por la presencia de grasas. La contaminación del aceite por Vanadio no presenta gravedad, por lo que no existe reducción de potencia ni de torque, indicando que el automóvil se encuentra en perfectas condiciones de

trabajo, en el resultado de análisis de gases los valores obtenidos están dentro del límite permisible. En la figura 3.23, se muestran resultados de 14,02 mg/kg, en el aceite nuevo, y en los aceites usados valores de 12,87 mg/kg y 0,31 mg/kg, para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.

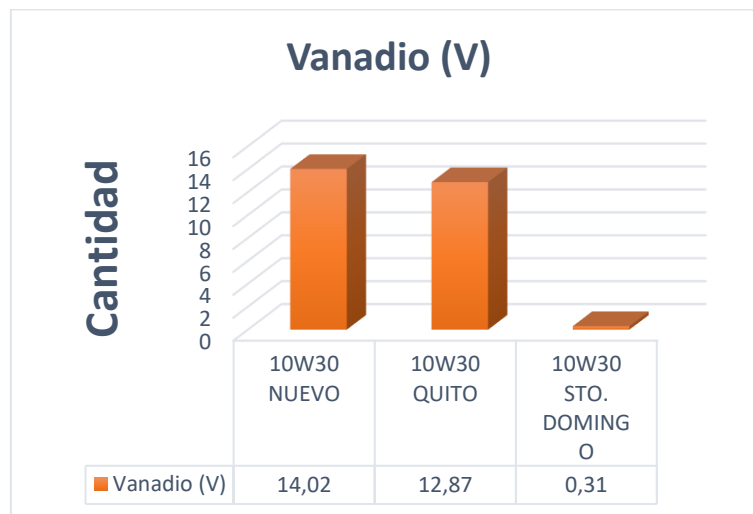


Figura 3.23 Contenido de Vanadio en el Aceite 10W30

La existencia de Zinc en los aceites usados es normal debido a los aditivos agregados que son antidesgastantes/antioxidante, con el objetivo de aumentar las propiedades de los lubricantes. Igualmente, varían de acuerdo con la composición química del lubricante nuevo y según su utilidad, la principal función del Zinc y el Fósforo ya que trabajan en grupo, consiste en proporcionar la lubricación límite cuando la lubricación hidrodinámica no cumple con los requisitos de presión y fricción. En ese sentido, la figura 3.24 muestra, para el análisis del aceite nuevo un valor de 866,98 mg/kg, y para los aceites usados 876,05 mg/kg y 804,3 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.



Figura 3.24 Contenido de Zinc en el Aceite 10W30

3.2 Análisis para el aceite 20W50 Quito y Santo Domingo

Respecto a los resultados obtenidos en cuanto al contenido de los elementos anteriormente referidos, pero en el aceite 20W50, las figuras que a continuación se muestran dan muestra de ello.

A partir de lo antes planteado la figura 3.25, muestra que tanto en el aceite nuevo como los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo se obtienen valores de 0 mg/kg en contenido de Plata, para las tres muestras.

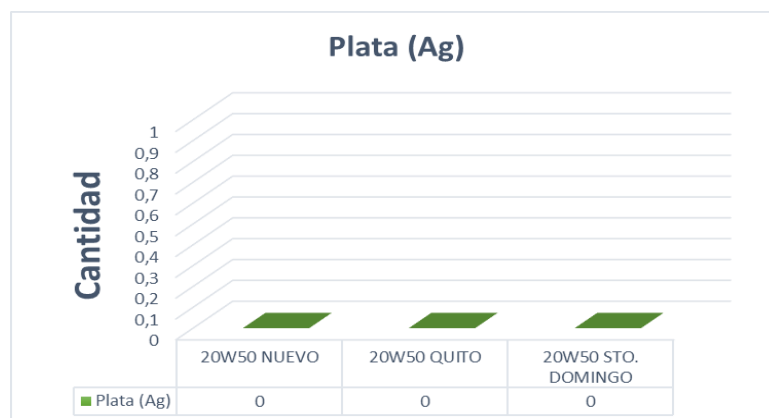


Figura 3.25 Contenido de Plata en el Aceite 20W50

Respecto al Aluminio, la figura 3.26 muestra en el aceite nuevo un valor de 3,47 mg/kg, para los aceites usados valores de 1,61 mg/kg y 1,54 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.



Figura 3.26 Contenido de Aluminio en el Aceite 20W50

A decir de la presencia de Boro, la figura 3.27 exhibe valores de 2,81 mg/kg para el aceite nuevo, y para los aceites usados valores de 64,21 mg/kg y 49,06 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente. Su presencia en el análisis de aceite se asemeja a lo que sucede y se expuso anteriormente con relación al aceite 10W30.

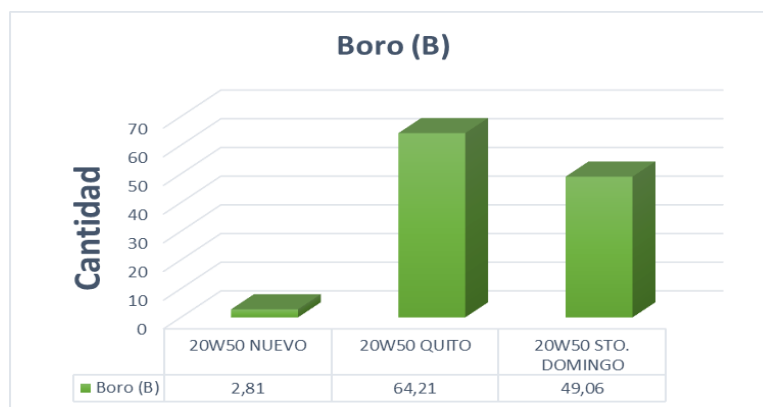


Figura 3.27 Contenido de Boro en el Aceite 20W50

Encontrar Bario en los lubricantes es normal debido a los aditivos agregados que son anticorrosivo del refrigerante y aditivos antidesgaste, con el objetivo de aumentar las propiedades de los lubricantes. Varía según la composición química del aceite nuevo y según la aplicación, consiste en proporcionar la lubricación límite cuando la lubricación hidrodinámica no cumple con los requisitos de presión y fricción. Según muestra la figura 3.28 para el aceite nuevo se obtuvo un valor de 0,55 mg/kg, y para los aceites usados de 0,15 mg/kg y 1,57 mg/kg, para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.

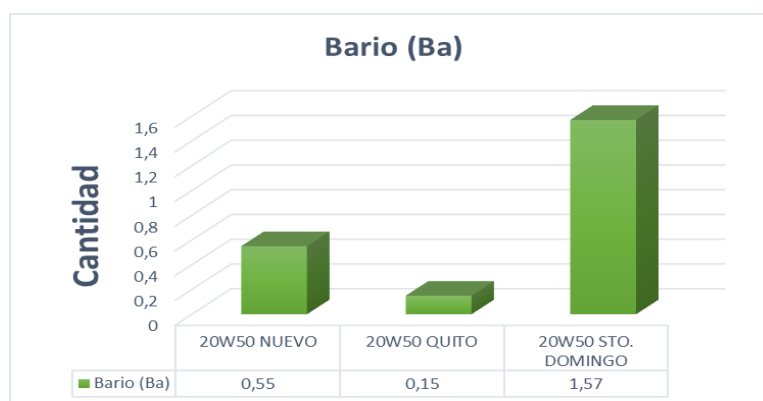


Figura 3.28 Contenido de Bario en el Aceite 20W50

La presencia de Calcio en los lubricantes es común, producto de los aditivos detergentes/dispersantes, con el objetivo de mejorar las características de los lubricantes. Pueden variar por la composición química del aceite nuevo y según la aplicación. Consecuentemente la figura 3.29, muestra que para el aceite nuevo se obtuvo un valor de 2791

mg/kg, y para los aceites usados un resultado de 491,76 mg/kg y 434,94 mg/kg, para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.

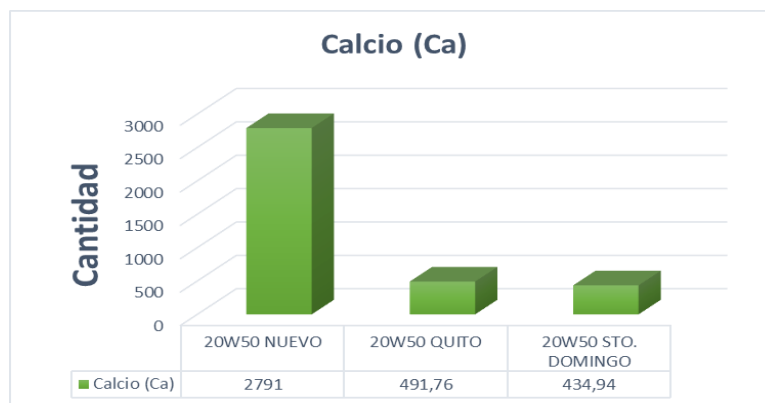


Figura 3.29 Contenido de Calcio en el Aceite 20W50

En contenido de Cadmio, los resultados que muestra la figura 3.30 evidencia valores de 0 mg/kg, tanto para el aceite nuevo como para los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo. Indicativo de normales condiciones de funcionamiento.

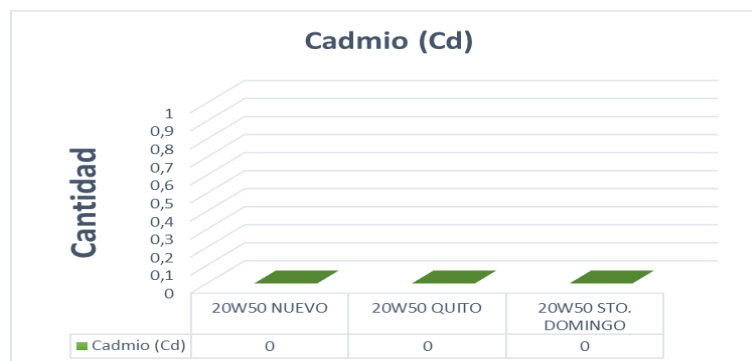


Figura 3.30 Contenido de Cadmio en el Aceite 20W50

El contenido de incremento del Cromo en el lubricante puede ser debido al desgaste de ciertos elementos como los cilindros (camisas), las válvulas de escape, los anillos y algunos cojinetes o también esto puede deberse a una variedad de factores, como temperaturas de funcionamiento insuficiente de trabajo y la degradación del aceite a causa de la contaminación de refrigerante o del combustible. En el análisis del aceite nuevo y el aceite usado en la ciudad

de Santo Domingo se obtiene un valor de 0 mg/kg, y para la ciudad de Quito de 0,3 mg/kg como se observa en la figura 3.31.

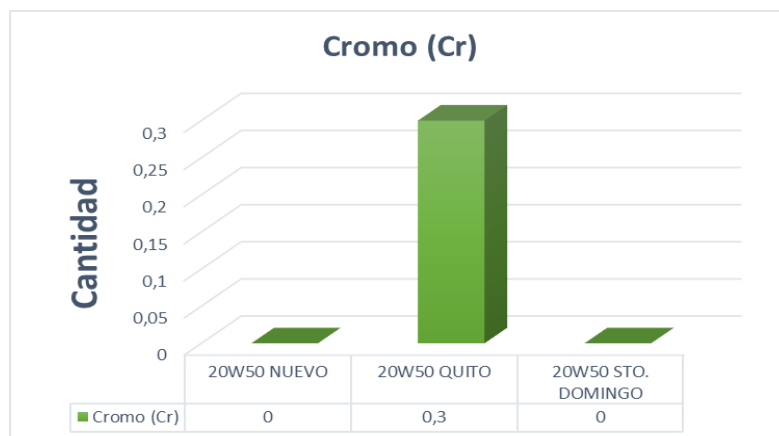


Figura 3.31 Contenido de Cromo en el Aceite 20W50

El contenido de incremento del Cobre en el lubricante puede producirse entre otros aspectos por la presencia de desgaste de ciertos elementos del motor, como bujes, guías de válvulas y bujes de biela, los componentes generalmente están conectados estructuralmente y tiene capas exteriores de varios metales blandos necesarios y fabricados para reducir el desgaste y asimilar los golpes. Según muestra la figura 3.32, su contenido en el aceite nuevo se refleja con un valor de 0,03 mg/kg y para los aceites usados 0,43 mg/kg y 0,55 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.

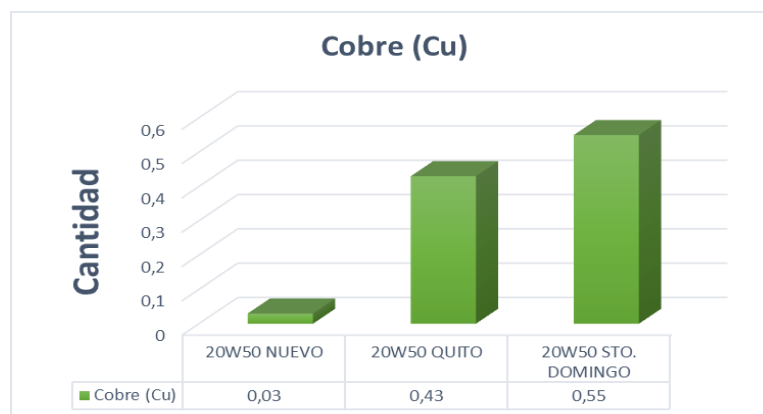


Figura 3.32 Contenido de Cobre en el Aceite 20W50

Según Jaramillo et al. (2011) el contenido de aumento del Hierro en el lubricante es debido a la contaminación del anterior lubricante o también a la presencia de desgaste de ciertos elementos como cilindros y segmentos, pero además pueden ser el árbol de levas, cigüeñal, válvulas, guías de válvulas, cojinetes y bombas de aceite. En el análisis del aceite nuevo se obtuvo un valor de 1,39 mg/kg, en tanto para los aceites usados el mismo fue de 8,04 mg/kg y 4,55 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente, como se indican en la figura 3.33.

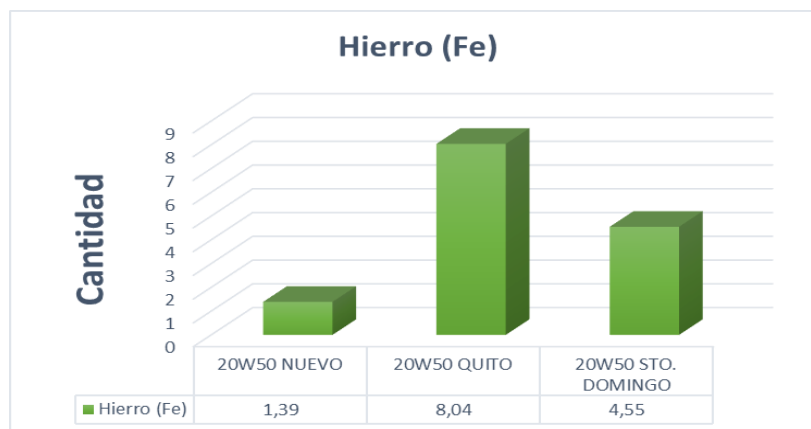


Figura 3.33 Contenido de Hierro en el Aceite 20W50

Según muestra la figura 3.34 la presencia de Potasio en el aceite nuevo es de 2,85 mg/kg y para los aceites usados de 0,51 mg/kg y 0,47 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.

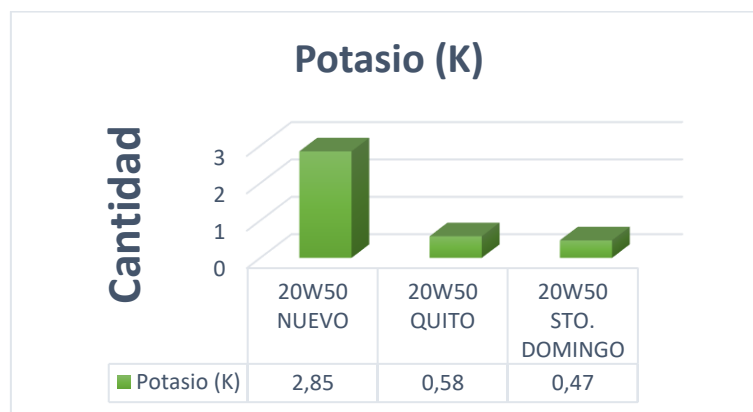


Figura 3.34 Contenido de Potasio en el Aceite 20W50

En el análisis efectuado, tanto el aceite nuevo como los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo exhiben valores de 0 mg/kg en contenido de Litio, como se muestra en la figura 3.35, para cada una de las muestras. Ello coincide con el hecho de que el aceite no contiene Litio dentro de su composición y la mayoría de los motores no tienen elementos o ensambles que estén fabricados con este elemento.



Figura 3.35 Contenido de Litio en el Aceite 20W50

En la figura 3.36, se observa que en el aceite nuevo la presencia del Magnesio alcanza valores de 27,86 mg/kg y en los aceites usados 444,36 mg/kg y 491,53 mg/kg, para la ciudad de Quito y Santo Domingo respectivamente. Cuanto más ácido se produzca debido a la condición del combustible, la baja temperatura del motor o la combustión incompleta, con mayor ligereza se degradará el detergente/dispersante. Estos aditivos funcionan bien para este propósito, pero el Magnesio deja un 45% más de cenizas de sulfato cuando se quema, lo que

causa problemas en las válvulas y el motor. por este motivo, se recomienda sólo calcio o una mezcla de hasta un 30% de magnesio/dispersante detergente. Se puede decir que el motor está trabajando en perfectas condiciones, que no se encuentra afectada la potencia ni el torque y las emisiones en ralentí y altas están dentro de los límites.

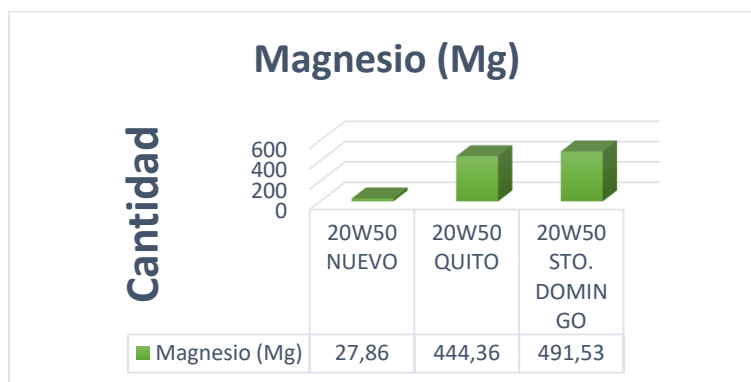


Figura 3.36 Contenido de Magnesio en el Aceite 20W50

La figura 3.37 muestra que el contenido de Manganeso en el aceite nuevo obtiene un valor de 0,56 mg/kg, en tanto para los aceites usados los valores son de 0,66 mg/kg y 0,99 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo. Es válido resaltar que mientras los valores estén dentro de lo permisible el motor estará en perfectas condiciones de funcionamiento.

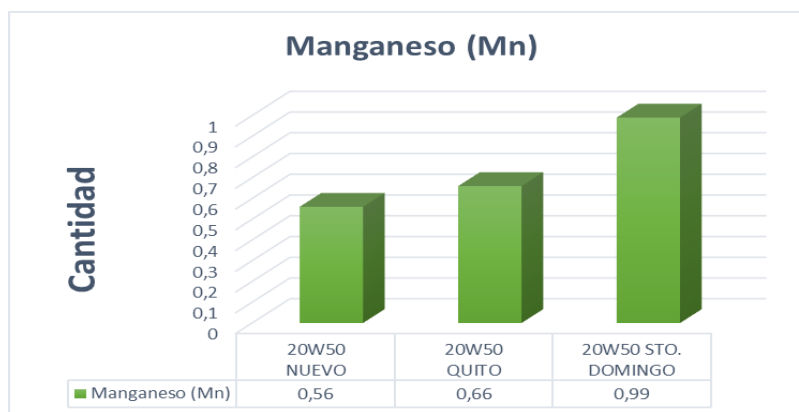


Figura 3.37 Contenido de Manganeso en el Aceite 20W50

El contenido de aumento del Molibdeno en el lubricante es debido a la presencia de desgaste de ciertos elementos como los anillos o de aditivos como antidesgaste y antioxidante. Algunos aceites de motor contienen bisulfuro de Molibdeno, que reduce el desgaste a temperaturas y presiones elevadas, necesario para proveer la máxima protección posible. En el análisis del aceite nuevo se obtuvo un valor de 0 mg/kg, y para los aceites usados un resultado de 33,53 mg/kg y 38,22 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente, como se observa en la figura 3.38.

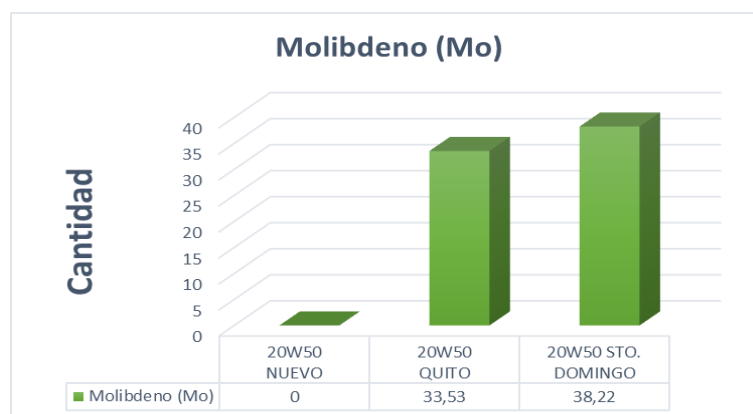


Figura 3.38 Contenido de Molibdeno en el Aceite 20W50

La presencia de aditivos de refrigerante y detergente pueden incrementar el contenido del Sodio en el lubricante. Si se considera que la contaminación del aceite por este elemento no presenta gravedad, podría indicar que no se evidencia reducción de potencia ni torque,

señalando que el vehículo está en perfectas condiciones y funcionamiento. Así, la figura 3.39 muestra un valor de 2,57 mg/kg para el aceite nuevo y para los aceites usados 4,53 mg/kg y 4,95 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente. Por lo que se puede observar como se reduce los valores, dado estos resultados debido a que la composición de los aceites lubricante tienen aditivos de zinc y cuando ya el aceite es utilizado por la función del motor este componente se va perdiendo y por lo tanto los aceites lubricantes pierden sus características y aumentan su contaminación.



Figura 3.39 Contenido de Sodio en el Aceite 20W50

El desgaste de elementos como cojinetes de bancada y tren de válvulas pueden propiciar la presencia de Níquel en el aceite, no obstante, su contaminación por este elemento no representa una gravedad considerable. En este sentido en la figura 3.40, se muestra que la existencia del Níquel, en el aceite nuevo es de 0,09 mg/kg y en los aceites usados 0,59 mg/kg y 0,36 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente. Según los resultados del análisis de gases los valores están dentro del límite permisible.

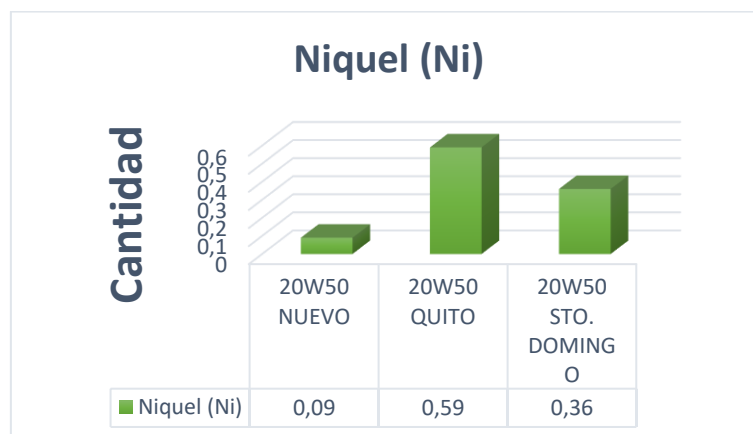


Figura 3.40 Contenido de Níquel en el Aceite 20W50

El contenido de Fósforo en las muestras de referencia puede ser relevante para el uso y la adición de aceite nuevo, sin embargo, algunas combinaciones de Zinc y Fósforo se encuentran en áreas críticas del motor y se usan para limitar la lubricación cuando la lubricación hidrodinámica es insuficiente. La figura 3.41 muestra un valor de 1041 mg/kg para el aceite nuevo, en tanto para los aceites usados se exhiben valores de 527,57 mg/kg y 486,55 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente.

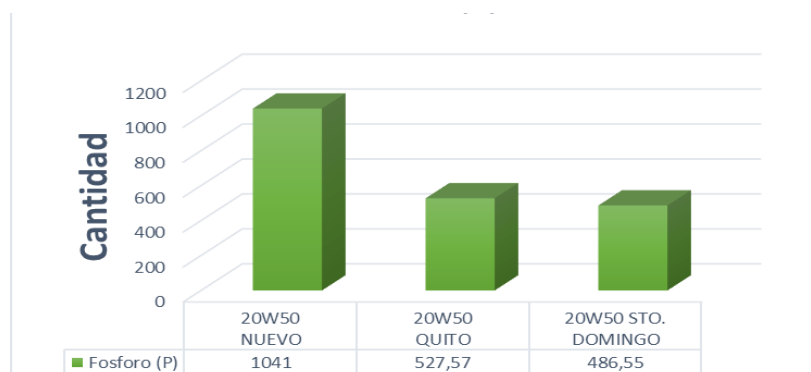


Figura 3.41 Contenido de Fósforo en el Aceite 20W50

El origen más frecuente de presencia de Plomo en los lubricantes es la corrosión en los cojinetes de los motores que han estado almacenados durante un mes o más con aceite parcialmente usado o contaminado. Este tipo de desgaste surge de la degradación de la viscosidad del aceite debido a su uso, lo que resulta en una reducción de la lubricación

hidrodinámica para proporcionar una lubricación límite, es un aviso de que el aceite está contaminado y que no está generando su respectiva función que es la correcta lubricación del motor, generando reducción de potencia o altas temperaturas en el motor, por otra parte, el resultado de las emisiones está dentro del límite. La figura 3.42 muestra que en el análisis realizado la existencia de Plomo en el aceite nuevo es de 0,36 mg/kg y en los aceites usados 1,42 mg/kg y 1,55 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo, respectivamente.

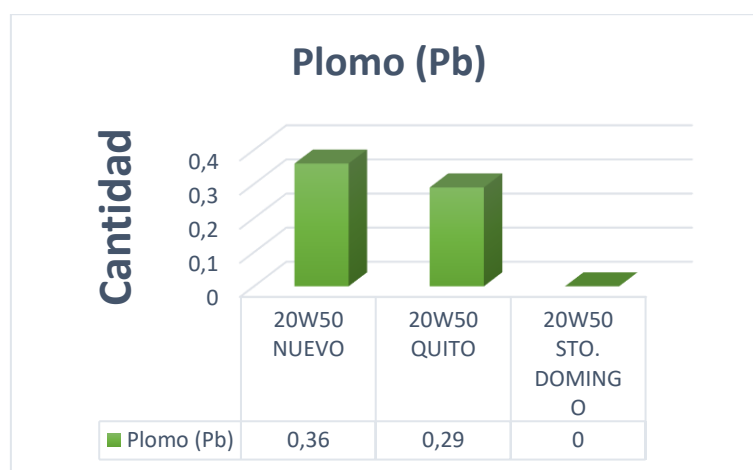


Figura 3.42 Contenido de Plomo en el Aceite 20W50

Según muestra la figura 3.43, la existencia de Antimonio en el aceite nuevo y el aceite usado en la ciudad de Santo Domingo es de 0 mg/kg, por su parte el del usado en la ciudad de Quito es de 0,25 mg/kg. El contenido de este elemento en las muestras analizadas puede ser debido al desgaste de elementos como cojinetes de biela y bancada o por la presencia de grasas. La contaminación del aceite por Antimonio no presenta gravedad, por lo que no existe reducción de potencia ni de torque, señalando que el vehículo está en perfectas condiciones, los resultados del análisis de gases evidencian que los resultados están dentro del límite permisible.

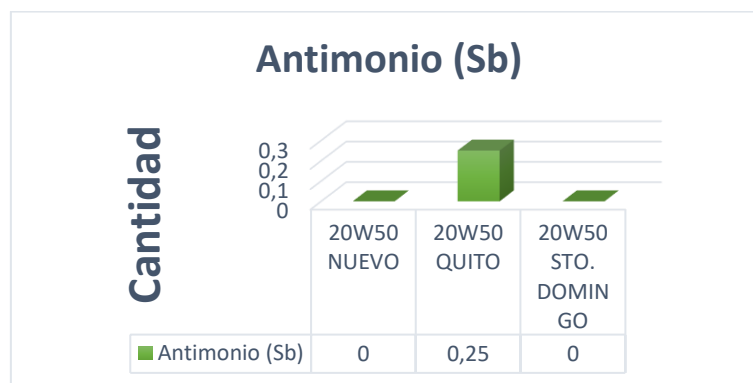


Figura 3.43 Contenido de Antimonio en el Aceite 20W50

La presencia de este metal se les atribuyen a fugas en la estanqueidad del sistema de lubricación, cristalización de empaquetaduras, tierra, aditivos de aceite y refrigerante. Los niveles altos de Silicio generalmente no son peligrosos e indican que el motor está en condiciones normales de funcionamiento por lo que la potencia y el torque no se ven afectados y las emisiones están dentro del límite establecido. En el análisis del aceite nuevo se obtuvo un valor de 5,74 mg/kg y para los aceites usados 0 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente, como indica en la figura 3.44.

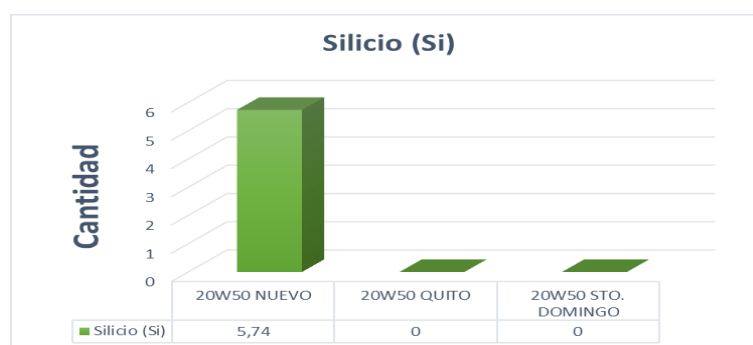


Figura 3.44 Contenido de Silicio en el Aceite 20W50

Según muestra la figura 3.45, en el análisis, para el aceite nuevo se obtuvo un valor de 0 mg/kg y para los aceites usados 0,98 mg/kg y 0,95 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente. La contaminación del aceite por el Estaño no presenta gravedad, pero está indicando que existe desgaste de alguno de los elementos del motor anteriormente mencionados, dando como resultado la aceleración ineficiente, disminución del rendimiento,

incremento de temperatura, disminución de la presión de aceite, pérdida de compresión y mal funcionamiento del motor, estos problemas mencionados son el resultado de una lubricación ineficiente.

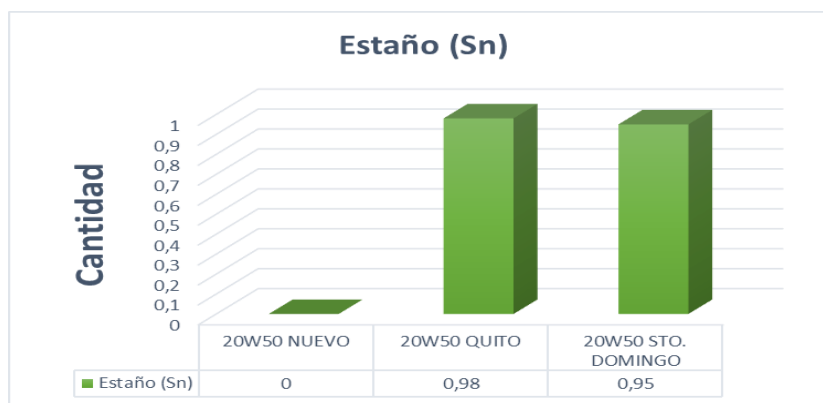


Figura 3.45 Contenido de Estaño en el Aceite 20W50

Según muestra la figura 3.46 en el análisis realizado, tanto el aceite nuevo como los aceites usados en las ciudades de Quito y Santo Domingo alcanzan valores de 0 mg/kg en contenido de Titanio, a manera de como se muestra para todas las muestras.

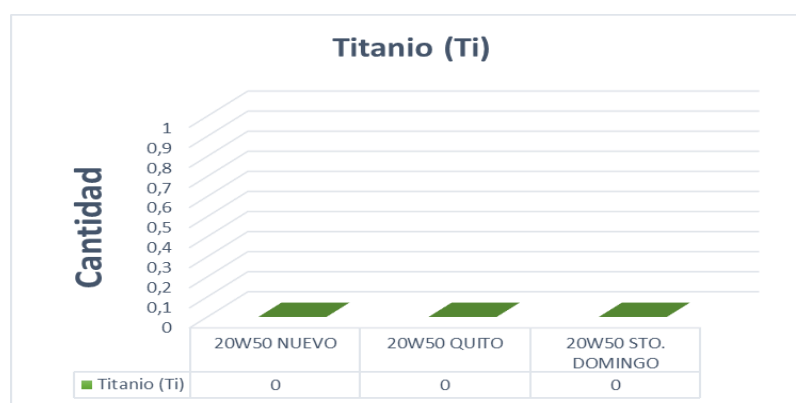


Figura 3.46 Contenido de Titanio en el Aceite 20W50

En la figura 3.47, se muestra que los resultados del Vanadio, en el aceite nuevo es de 0,29 mg/kg, y en los aceites usados de 11,77 mg/kg y 0,19 mg/kg para la ciudad de Quito y Santo Domingo respectivamente. Dado que la contaminación del aceite por Vanadio no presenta gravedad, no se evidencia reducción de potencia ni de torque y se aprecian las perfectas

condiciones del vehículo; el resultado del análisis de gases evidencia que los valores están dentro del límite permisible.

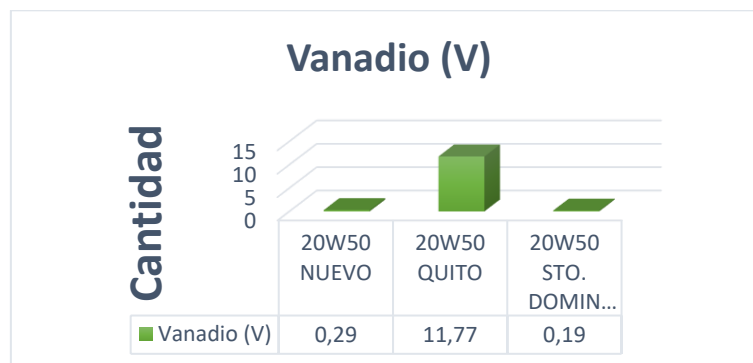


Figura 3.47 Contenido de Vanadio en el Aceite 20W50

Respecto al contenido de Zinc, la figura 3.48 muestra que en el análisis del aceite nuevo se obtiene un valor de 1207 mg/kg y para los aceites usados valores de 838,13 mg/kg y 803,26 mg/kg para las ciudades de Quito y Santo Domingo respectivamente, por lo que se puede observar como se reduce los valores, dado estos resultados debido a que la composición de los aceites lubricante tienen aditivos de zinc y cuando ya el aceite es utilizado por la función del motor este componente se va perdiendo y por lo tanto los aceites lubricantes pierden sus características y aumentan su contaminación.

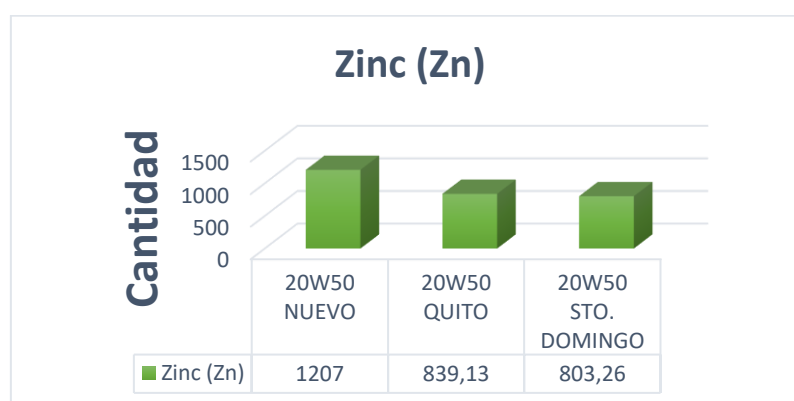


Figura 3.48 Contenido de Zinc en el Aceite 20W50

3.3 Análisis de gases en las ciudades de Quito y Santo Domingo

3.3.1 Análisis de gases para el aceite con grado de viscosidad 10w30

La tabla 3.1, muestra que los valores se encuentran dentro del límite de referencia para las ciudades de Quito y Santo Domingo, en altas (2500 rpm) y bajas (ralentí), ya que para los vehículos del año 2000 en adelante es de 1% de CO y cumplen con los límites máximos establecidos para las emisiones de gases.

Tabla 3.1 Comportamiento del monóxido de carbono (CO)

ACEITE 10W30			
CO	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	0,71%Vol	0,76%Vol
BAJAS	Ralentí	0,27%Vol	0,6%Vol

Las emisiones CO₂ constituyen un indicador de la eficacia de la combustión, valores entre un 12% y el 15% reflejan un correcto funcionamiento del motor. En este sentido, en la tabla 3.2, se puede evidenciar que los valores se encuentran por debajo del 12%, para la ciudad de Quito en altas (2500 rpm) y bajas (ralentí). Por su parte la ciudad de Santo Domingo en ralentí, pero en altas (2500) un valor de 13,2%Vol lo que indica que está dentro de los límites máximos establecidos para emisiones de gases, valores por debajo del 12% indican un mal proceso de combustión, lo que señala una mala combustión o un encendido defectuoso.

Tabla 3.2 Comportamiento del dióxido de carbono (CO₂)

ACEITE 10W30			
CO₂	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	10,9%Vol	13,2%Vol
BAJAS	Ralentí	11,7%Vol	11,4%Vol

Por su parte, la tabla 3.3 muestra los valores que representan las emisiones de hidrocarburos no quemados (HC), en este caso los resultados son menores a los valores de referencia, es decir emisiones menores a 200 ppm, por lo que se cumple con los límites establecidos en la normativa vigente.

Tabla 3.3 Comportamiento de hidrocarburos (HC)

ACEITE 10W30			
HC	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	75 ppm	70 ppm
BAJAS	Ralentí	67 ppm	77 ppm

Respecto a las emisiones de O₂, las mismas constituyen un indicador de aire sobre el proceso de combustión, normalmente ubicado por debajo del 2%, valor que indica que el motor funciona correctamente. De tal manera como se muestra en la tabla 3.4, se puede evidenciar que los resultados se encuentran por encima del 2%, para la ciudad de Quito en altas (2500 rpm) y bajas (ralentí) y la ciudad de Santo Domingo en ralentí, pero en altas (2500) un valor de 0,89%Vol, lo que indica que está dentro de los límites máximos establecidos para emisiones de gases, en cambio los valores que son mayores al 2%, indican una mezcla pobre, sin combustión o un escape agrietado. Si la lectura de O₂ muestra el 0%, significa que se ha utilizado todo el oxígeno, si el valor de CO es alto, es indicativo que la mezcla es rica.

Tabla 3.4 Comportamiento del oxígeno (O₂)

ACEITE 10W30			
O₂	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	3,05%Vol	0,89%Vol
BAJAS	Ralentí	3,48%Vol	3,68%Vol

3.3.2 Análisis de gases para el aceite con grado de viscosidad 20w50

La tabla 3.5, muestra que los valores se encuentran dentro del límite de referencia para las ciudades de Quito y Santo Domingo, en altas (2500 rpm) y bajas (ralentí), ya que para los vehículos del año 2000 en adelante es de 1% de CO y cumplen con los límites máximos establecidos para emisiones de gases. El producto de una combustión defectuosa se produce cuando el carbono se oxida por sí solo.

Tabla 3.5 Comportamiento del monóxido de carbono (CO)

ACEITE 20W50			
CO	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	0,8%Vol	0,74%Vol
BAJAS	Ralentí	0,39%Vol	0,55%Vol

Para las emisiones CO₂ la tabla 3.6, evidencia que los valores se encuentran por encima del 12%, para la ciudad de Quito en altas (2500 rpm) y bajas (ralentí) y la ciudad de Santo Domingo en ralentí, se observan valores de 11,8%Vol y 11,7%Vol para altas (2500 rpm) y bajas (ralentí) lo que indica que está fuera de los valores límites, dando como resultado fallas en la combustión o una mezcla pobre. Normalmente, los resultados bajos desencadenan el proceso de combustión deficiente o un encendido defectuoso. Para los valores que son mayores al 15% señala un proceso de combustión óptima.

Tabla 3.6 Comportamiento del dióxido de carbono (CO₂)

ACEITE 20W50			
CO₂	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	15,3%Vol	11,8%Vol
BAJAS	Ralentí	15,8%Vol	11,7%Vol

En la tabla 3.7, se indican los resultados que representan las emisiones de hidrocarburos no quemados (HC), en este caso los resultados se encuentran bajo los valores de referencia, es decir emisiones menores a 200 ppm, que cumplen con los límites establecidos en la normativa vigente.

Tabla 3.7 Comportamiento de hidrocarburos (HC)

ACEITE 20W50			
HC	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	82 ppm	66 ppm
BAJAS	Ralentí	64 ppm	44 ppm

En la tabla 3.8, se puede evidenciar que los valores las emisiones de O₂ se encuentran por encima del 2%, para la ciudad de Quito en altas (2500 rpm) y bajas (ralentí) y la ciudad de Santo Domingo en ralentí, pero en altas (2500 rpm) un valor de 1,5%Vol, lo que indica que está

dentro de los límites máximos establecidos para emisiones de gases, en cambio los valores que son mayores al 2%, indican una mezcla pobre, sin combustión o un escape agrietado. Si la lectura de O₂ muestra el 0%, significa que se ha utilizado todo el oxígeno, si el valor de CO es alto, es indicativo que la mezcla es rica.

Tabla 3.8 Comportamiento del oxígeno (O₂)

ACEITE 20W50			
O₂	RPM	QUITO	STO DGO
ALTAS	2500	3,06%Vol	1,5%Vol
BAJAS	Ralentí	2,81%Vol	2,13%Vol

Los resultados anteriormente descritos en las diferentes tablas permiten deducir que el aceite lubricante que genera menores gases contaminantes es el 20w50, aspecto que se evidencia con los valores del carbono dentro del límite de referencia, para ambas ciudades.

No obstante, es válido resaltar que los gases emitidos por este vehículo son tóxicos y una vez en el medio ambiente su inhalación expone a los seres vivos a muchas enfermedades que pueden dañar los sistemas: respiratorio, digestivo, circulatorio y nervioso.

3.4 Análisis de costes de mantenimiento

3.4.1 Aceite 10W30 Mantenimiento preventivo

Tabla 3.9 Costos de mantenimiento Aceite 10W30

PROFORMA	
Elemento	Precio
Lubricante 10W30	\$ 22,00
Filtro de aceite	\$ 4,00
Juego de bujías	\$ 12,00
Cables de bujías	\$ 25,00
Filtro de aire	\$ 6,00
Filtro de combustible	\$ 5,00
Mano de Obra	
ABC de motor (Cambio de lubricantes y filtros)	\$ 15,00
Cambio de cables de bujías	\$ 5,00
Limpieza del cuerpo de aceleración	\$ 10,00
Limpieza de Inyectores	\$ 20,00
TOTAL	\$ 124,00

3.4.2 Aceite 20W50 Mantenimiento preventivo

Tabla 3.10 Costos de mantenimiento Aceite 20W50

PROFORMA	
<i>Elemento</i>	<i>Precio</i>
Lubricante 20W50	\$ 21,00
Filtro de aceite	\$ 4,00
Juego de bujías	\$ 12,00
Cables de bujías	\$ 25,00
Filtro de aire	\$ 6,00
Filtro de combustible	\$ 5,00
<i>Mano de Obra</i>	
ABC de motor (Cambio de lubricantes y filtros)	\$ 15,00
Cambio de cables de bujías	\$ 5,00
Limpieza del cuerpo de aceleración	\$ 10,00
Limpieza de Inyectores	\$ 20,00
TOTAL	\$ 123,00

Desde la perspectiva del cliente, el costo de mantenimiento preventivo es aproximadamente de \$ 124,00 basado en el cambio de aceite y elementos relacionados. Así, como varios ajustes, cabe destacar que no existe mucha diferencia de precios relacionados con los lubricantes, debido a que los aceite son de la misma marca, pero con características diferentes, sin embargo, el resultado es que con el aceite 20W50 los costos de mantenimiento son menores, ya sea por sus características y componentes. La tabla 3.11 muestra que la diferencia en el costo se centra en el lubricante.

Sin embargo, si comparamos el costo de mantenimiento en relación con otras marcas de lubricantes, los precios variarían de tal manera que el cliente pueda optar por un aceite lubricante de baja o alta calidad, ya que existen variedades de tipos y marcas de aceites en el mercado. Las pruebas se realizaron con combustible Extra y altitudes de 2850 y 655 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar), donde la medida de oxígeno cambia en función de la presión atmosférica y por lo tanto de la combustión.

Tabla 3.11 Comparación de Costos

PROFORMA		
<i>Elemento</i>	<i>Precio</i>	<i>Precio</i>
	10W30	20W50
Lubricante	\$ 22,00	\$ 21,00
Filtro de aceite	\$ 4,00	\$ 4,00
Juego de bujías	\$ 12,00	\$ 12,00
Cables de bujías	\$ 25,00	\$ 25,00
Filtro de aire	\$ 6,00	\$ 6,00
Filtro de combustible	\$ 5,00	\$ 5,00
<i>Mano de Obra</i>		
ABC de motor (Cambio de lubricantes y filtros)	\$ 15,00	\$ 15,00
Cambio de cables de bujías	\$ 5,00	\$ 5,00
Limpieza del cuerpo de aceleración	\$ 10,00	\$ 10,00
Limpieza de Inyectores	\$ 20,00	\$ 20,00
TOTAL	\$ 124,00	\$ 123,00

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La Tribología es una rama de la tecnología que se centra en el análisis de la fricción, desgaste y lubricación de diferentes materiales en contacto. En cuanto al aceite lubricante utilizado en motores de vehículos, es cierto que, a pesar de tener una misma especificación entre diferentes marcas, su composición puede cambiar debido a la presencia de contaminantes y metales pesados, lo que puede afectar el rendimiento del motor y causar desgastes en sus componentes internos. Sin embargo, existen medidas como el cambio regular del aceite y el uso de filtros de alta calidad para minimizar estos efectos negativos y maximizar la vida útil del motor.
- Las cantidades presentes en las muestras de Calcio, Cadmio, Magnesio, Silicio, Sodio, Zinc y Fósforo son combinaciones de aditivos que se añaden para mejorar las características fisicoquímicas de los aceites. El Aluminio, Hierro, Cobre, Cromo, Estaño y Plomo en las muestras analizadas interpretan el desgaste en los cilindros, camisas, cojinetes, cigüeñal, árbol de levas, pistón, bujes, anillos de pistón, tren de válvulas, guías de válvulas, bielas y de la herrumbre. Se observó que el lubricante 10w30 para la ciudad de Santo Domingo, presenta un mayor porcentaje de contaminación con respecto a la ciudad de Quito, debido a las condiciones climáticas y presión atmosférica, dado que la temperatura de esta ciudad es alta produciendo así la humedad y oxidación dentro del motor, que deterioran y acelerar reacciones químicas del lubricante.
- El uso eficiente de la tecnología de análisis de aceite para determinar el proceder de todos los mecanismos internos del motor y localizar posibles fallas en los componentes, evitando gastos elevados de mantenimientos. Además, puede monitorear la presencia de impurezas externas, que no deberían estar en los lubricantes. Consecuentemente para el aceite 20w 50, en la ciudad de Quito los valores obtenidos de CO, es de 0,8% V y 0,39% V lo que se obtiene una menor emisión con referencia al aceite 10w 30. Obteniendo una mejor combustión para el vehículo utilizado en las pruebas.

- Las revoluciones y la altitud inciden significativamente en la variable de los valores del CO₂, de acuerdo con las condiciones climáticas, con un aceite de viscosidad 20w 50 se obtiene valores de 15,3% Vol y 15,8% Vol en altas(2500rpm) y bajas, respectivamente, lo que indica un excelente indicador de la eficiencia de la combustión a una altura de 2850 m.s.n.m. Para el aceite 10w 30 se obtiene valores de 10,9% Vol y 11,7% Vol en altas(2500rpm) y bajas, en resumen, se puede decir que los valores bajos indican un mal proceso de combustión, es decir, una mala mezcla o encendido defectuoso.
- La velocidad del motor tiene un impacto significativo en las emisiones de O₂ con valores de 3,05% V y 3,48% V para Quito y valores de 0,89% V y 3,68 % V para la ciudad de Santo Domingo para el aceite 10w 30, y también valores de 3,06% V y 2,81% V para Quito y valores de 1,5% V y 2,13 % V para el aceite 20w 50 para la ciudad de Santo Domingo respectivamente para el aceite 20w 50, ya que mediante la normativa ecuatoriana de gases de escape el oxígeno debe ser menor al 2%. Dando como resultado que el aceite 20w 50 tiene una viscosidad ideal para el motor creando una película entre los mecanismos móviles y logrando una buena combustión.

4.2 RECOMENDACIONES

- La tecnología de los aceites sintéticos ha avanzado significativamente en los últimos años. Hay muchos beneficios potenciales de los aceites sintéticos, como una mayor resistencia a altas temperaturas y una menor viscosidad en climas fríos. Proyectar estudios futuros con mediciones en aceites sintéticos podría ayudarnos a comprender mejor cómo este tipo de lubricante puede afectar el rendimiento y la longevidad del motor. Sería interesante ver cómo se comparan los efectos de los aceites sintéticos con los aceites tradicionales en una variedad de motores diferentes.
- Para la evaluación de los respectivos ensayos de aceites (contenido de partículas ASTM-D6595 y conteo de partículas ISO 4406), se debe tomar en cuenta que, al momento de tomar las muestras, el vehículo debe estar previamente a temperatura de trabajo, luego para tomar las respectivas muestra verificar que el área del cárter del

motor debe estar completamente limpio para evitar el ingreso de cualquier impureza como agua, polvo o tierra que pueda distorsionar los datos reales de las pruebas.

- Para realizar el análisis de otros tipos de lubricantes se debe efectuar el procedimiento de lavado interno del motor, el cual consiste en utilizar fluidos estándar, su contenido químico son solventes y aditivos que se utilizan para remover impurezas (grasas y depósitos de carbón) que fueron formados por el antiguo lubricante, posteriormente se drena este fluido y se agrega el nuevo aceite. De esta manera se minimiza al máximo la mezcla de lubricantes que pueda alterar los resultados de los componentes químicos presentes en el aceite.
- Además, es importante seguir las recomendaciones de mantenimiento del vehículo, como cambios de aceite y filtros en el tiempo y kilometraje recomendados, para asegurar un funcionamiento óptimo del motor. También se recomienda no mezclar diferentes tipos de lubricantes y utilizar siempre productos de calidad, ya que esto afecta la viscosidad y la calidad del aceite, lo que puede generar problemas en el desempeño del motor y reducir su vida útil. Por último, es importante mantener un registro de los cambios de aceite y otros mantenimientos realizados, para tener un control de las intervenciones y llevar un seguimiento adecuado del estado del motor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. America, L. L. (2018). LUBRAL. Obtenido de Entendiendo la clasificación de viscosidad SAE y de desempeño API: <https://www.lubral.com/entendiendo-la-clasificacion-de-viscosidad-sae-y-de-desempeno-api/>
2. Acurio, A. (2015). *Diseño y construcción de un equipo de laboratorio de desgaste abrasivo según normas ASTM G65, ASTM G105 y ASTM B611*. Quito.
3. Aguirre, B. (2010). *Obtención de diesel #2 sintético a partir de aceites lubricantes usados*. Quito.
4. Andrede, C. (2015). *Propuesta de un plan de manejo sustentable de los aceites usados provenientes de los talleres automotrices y lubricadoras en el cantón cañar*. Cuenca.
5. ASTUDILLO, A. (2016). *Análisis e interpretación del desgaste del motor diesel por medio del aceite*. Quito.
6. Avila, J. (2017). DETERMINACIÓN DEL DESGASTE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DEL MOTOR MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL ACEITE usado. *Maestría en Sistemas Vehiculares*. Universidad del Azuay, Azuay. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8281/1/14004.pdf>
7. Barrera, A., & Nieves, C. (2021). ANÁLISIS TRIBOLÓGICO ENTRE SEGMENTO Y CILINDRO DEL MOTOR DEL MOTOR HYUNDAI AVANTE 1.5L, MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE PARA DETERMINAR SU EFICIENCIA ENERGÉTICA. (*Tesis de Maestría*). UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21172/1/UPS-CT009300.pdf>
8. BARRETO, W., & JIMÉNEZ, J. (2013). *ANÁLISIS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR QUE FUNCIONA A HIDRÓGENO VERSUS EL MOTOR A GASOLINA*. Quito.

9. Blázquez, Á. (2016). *Análisis de la lubricación termo-elastohidrodinámica y mixta mediante la aplicación de modelos numéricos.*
10. Bravo, J. (2020). *Análisis de partículas metálicas en el aceite lubricante del MCI liviano para determinar el desgaste de los cojinetes de fricción - motor 1400cc.* Peru .
11. Buestán, C., & Jamara, C. (2016). *Diagnóstico de fallas en el sistema de lubricación de un motor de combustión interna a gasolina Hyundai Accent Doch 1.5 L mediante el análisis de vibraciones.* Cuenca.
12. Builes, S. (2007). *Biodegradación de aceites usados.* El Cid Editor. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/34439>
13. Carrasco, W. (2013). *Diseño de un software para el cálculo de áreas de contacto utilizando el Método de Hertz.* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7557/1/25T00310.pdf>
14. Castellanos, P., & Zurita, C. (2012). *Estudio para la construcción de un Banco de Pruebas de Lubricantes y Grasa .* Quito.
15. Castillo, F. (2007). *TRIBOLOGÍA: FRICCIÓN, DESGASTE Y LUBRICACIÓN.* FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, CUAUTITLÁN. Obtenido de <https://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>
16. Castillo, K., & Cevallos, F. (1998). *Análisis y Desgaste en motores de combustión interna a Diesel.*
17. Castillo, W., & Toapanta, O. (2019). *PRINCIPIOS DE TRIBOLOGÍA APLICADOS A LA INGENIERÍA MECÁNICA.* España: ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.
18. Cavalieri, F., Cosimo, A., & Cardona, A. (2014). *ESTUDIO DE DESGASTE EN VALVULAS DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA MEDIANTE EL METODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y ENSAYOS EXPERIMENTALES.* Argentina.

19. Chavez, J. (2019). *LA INFLUENCIA DE LA COQUIFICACIÓN Y EL DESGASTE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS TÓXICOS DEL MOTOR DIESEL*. Peru.
20. Chavez, L. (2019). *ANÁLISIS DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES PROVOCADAS POR VEHÍCULOS DE COMBUSTIÓN INTERNA EN EL CANTÓN QUEVEDO*. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, QUEVEDO. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3740/1/T-UTEQ-0022.pdf>
21. Chicaiza, R. (2015). *ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE UN SISTEMA MECÁNICO PIN ON DISK BAJO NORMA ASTM G-99 Y SU INFLUENCIA EN EL DESGASTE ADHESIVO DEL TEFLÓN SOBRE EL ACERO AISI 304*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de [file:///C:/Users/user/Downloads/Tesis%20I.M.%20330%20-%20Chicaiza%20Cajahuishca%20Roberto%20Carlos%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Tesis%20I.M.%20330%20-%20Chicaiza%20Cajahuishca%20Roberto%20Carlos%20(3).pdf)
22. Chuqui, M., & Josué, R. (2017). *Propuesta de implementación de una planta regeneración de aceites lubricantes usados en la ciudad de Cuenca empleando el proceso de extracción con propano*. Cuenca.
23. Córdova, E. (2013). *ESTUDIO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA DETERMINAR SUS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y SU FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA*. Ambato.
24. Da Costa, M. (2010). *APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A MOTORES A GAS DE DOS TIEMPOS EN POZOS DE ALTA PRODUCCIÓN*. Lima.
25. Enriquez, G. (2016). *Diagnóstico del impacto ambiental causado por los aceites automotrices usado en la ciudad de Piñas, El Oro, Ecuador*. Cuenca.
26. Espinoza, H. (1990). *Diagnostico de motores de encendido por compresion mediante analisis de aceite*. Universidad Politecnica de Valencia.

27. Fernández, C. (2022). *Banco de pruebas para determinar la aceleración y coeficiente de fricción el cual será designado al laboratorio de física de la facultad de ingeniería civil y mecánica.* Ambato. Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/Tesis%20I.M.%20716%20-%20Fern%C3%A1ndez%20Mollocana%20Carlos%20Danilo.pdf
28. Flores, M. (2017). *ANÁLISIS DE DESGASTES MECÁNICOS POR TRIBOLOGÍA PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR DE TRACTOR SOBRE ORUGAS D6T-CATERPILLAR.* UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, Peru.
29. García, G., & Lopez, D. (2010). *ANÁLISIS DEL DESGASTE DE ACEITES LUBRICANTES DE MOTOR A GASOLINA.* INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, México.
30. García, J. (1997). *ESTUDIO TECNICO COMPARATIVO: LUBRICANTES SINTETICOS COMO SUSTITUTOS DE LOS LUBRICANTES MINERALES CONVENCIONALES.* INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, México.
31. GOMEZ, M. (2013). *MANTENIMIENTO PREVENTIVO, INCIDE EN LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE MECANICA AUTOMOTRIZ DE LOS ALUMNOS DE LA UNIDAD EDUCATIVA JOAQUÍN GALLEGOS LARA, DEL CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS.* Babahoyo.
32. Granizo, J. (2010). *La Tribología y sus aplicaciones en la industria.* Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663869009.pdf>
33. Haro, K., & Haro, D. (2017). *ANÁLISIS DEL SOBRECALENTAMIENTO Y DEFORMACIÓN DE LA CULATA DE CILINDROS Y JUNTA DE CULATA DE UN MOTOR HINO 205.* Ibarra.
34. INEN. (2016). *Límites permitidos de Emisiones Producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan a gasolina.* Quito. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf

35. Iza, B. (2004). *CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN EL MOTOR JET BÁSICO*. INSTITUTO TECNÓLOGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.
36. Jaramillo, D., Rodrován, L., & Urgilés, D. (2011). *ANALISIS TECNICO DE LA VIDA UTIL DE UN LUBRICANTE DE ACEITE MINERAL, PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A GASOLINA DE LOS VEHÍCULOS DE SERVICIO DE TAXIS DE LA CIUDAD DE CUENCA*. UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE CEUNCA, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1500/14/UPS-CT002022.pdf>
37. Jaya, J., Loret, E., & Slavador, J. (2012). *Implementación de un laboratorio portatil de lubricantes*. Quito.
38. Jiménez, M. (2018). ANÁLISIS DE METALES EN ACEITES LUBRICANTES AUTOMOTRICES USADOS POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. *INGENIERO QUIMICO INDUSTRIAL*. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/8061/1/JIMENEZ%20MACIAS.pdf>. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/8061/1/JIMENEZ%20MACIAS.pdf>
39. LACBAL, L. (2022). *INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito.
40. Lara, Y. (2009). *Estudio comparativo del desgaste en un motor de encendido por chispa usando gasolina y gas natural*. México.
41. León, S. (2019). *Análisis del estado y riesgo de los componentes de un motor de combustión interna durante el periodo de overhaul*.
42. Linares, O. (2013). TRIBOLOGÍA Y MANTENIMIENTO PROACTIVO. En O. Linares, *GENERALIDADES DE LA TRIBOLOGÍA* (pág. 2). Santa Cruz, Bolivia : ASME.

43. Llanos, F. (2013). *Propuesta para le manejo del aceite usado de vehículos automotores en le cantón Sígsig*. Cuenca.
44. López, O. (2008). *Estudio tribológico de fricción y desgaste de capas de aleación*. Escola Tecnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona., Barcelona.
45. Luna, P., & Mier, J. (2018). *Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel*. Quito.
46. Maldonado, C. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diesel basado en análisis de aceite*. Quito.
47. Maldonado, C. (2010). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOTORES DIESEL BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITE*. ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2454/1/CD-3158.pdf>
48. Martínez, C. (2021). *“EFECTOS DE LA ADICIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE*. Ambato.
49. Mendoza, J. (2014). *ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE INTRODUCIR EN EL MERCADOR ECUADORIANO UNA MARCA NUEVA DE LUBRICANTES AUTOMOTRICES FABRICADA LOCALMENTE*. UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Guayaquil.
50. Miró, G. (2017). *Estudio del comportamiento y de la influencia en el desgaste de los aceites lubricantes de baja viscosidad en MCIA*. Valencia.
51. Mora, J. (2007). *Estudio del comportamiento de los aditivos para lubricantes y combustibles*. Laacunga.
52. Morocho, J., & Nagua, J. (2019). *Análisis del comportamiento de motores de combustión interna ciclo Otto y Diésel durante el efecto producido por averías en el sistema electrónico*. Cuenca.

53. Ortega, Y., & Martinez, J. (2011). *DISEÑO DE UN MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LUBRICACION PARA LA EMPRESA WORLDTEX - CARIBE LTDA*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR, Colombia. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0061983.pdf>
54. Palate, G. (2009). *¿Que es viscosidad?* Santa Fe: El Cid Editor | apuntes. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/28501>
55. Quintana, C., & Silva, L. (2021). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE UN MOTOR HONDA CIVIC CON DIFERENTES GRADOS DE VISCOSIDAD DE ACEITE A DETERMINADOS REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10995/2/04%20MAUT%20134%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
56. Quishpe, D., & Tigse, S. (2022). *Análisis de la tendencia de desgaste de un motor de encendido por compresión utilizado el análisis de aceite usado. Caso de estudio: bus de transporte urbano*. Quito.
57. Remache, A. (2017). *Análisis tribológico en un motor de gasolina con dos marcas de lubricantes y la misma especificación*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de [file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-AnalisisTribologicoEnUnMotorDeGasolinaConDosMarcas-5920531%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-AnalisisTribologicoEnUnMotorDeGasolinaConDosMarcas-5920531%20(7).pdf)
58. Rodríguez, A. (2007). *Metodología de cálculo y factores que afectan el coeficiente*. Ciencias.
59. Sánchez, A. (2021). *GASIFICACIÓN DE ACEITES USADOS DE MOTOR CON VAPOR Y AGUA SUPERCRÍTICA*.
60. Secundino, E. (2011). *Motores*. Macmillan Iberia, S.A. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/101844>
61. Soutullo, R. G. (31 de Mayo de 2017). *Ingeniero Marino*. Obtenido de Ingeniero Marino: <https://ingenieromarino.com/lubricantes-tribologia/>

62. Torres, F. (2004). *DISEÑO DE UN ESQUEMA DE REPROCESADO DE ACEITE USADO PARA LA OBTENCION DE ACEITE*. Loja.
63. Trujano, A. (2011). *COEFICIENTES TRIBOLÓGICOS PARA ACERO ALCARBON AISI 1045 Y ACERO ALEADO AISI 4140*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, México. Obtenido de <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/14550/1/SEPI%20ESIME%20UA.pdf>
64. Vázquez, J. (2013). *GESTIÓN INTEGRAL DEL ACEITE AUTOMOTOR RECICLABLE EN CUENCA*. UNIVERSIDAD DE CUENCA, Cuenca.
65. Viteri, L., & Juan, J. (9 de Marzo de 2011). *ANÁLISIS DE LA DEGRADACION DE ACEITES LUBRICANTES Y PROPUESTA DE PLANES DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO PESADO DEL ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN ARCHIDONA*. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/947/1/65T00018.pdf>

ANEXOS

**ANEXO I. PROFORMA DE COSTOS (MANTENIMIENTO
PREVENTIVO)**

PROFORMA DE COSTOS (MANTENIMIENTO PREVENTIVO)

Dueño	Nury Moncayo			Fecha	25/11/2022
Placa	GLN-195	Marca	Nissan	Modelo	Sentra B15
Año	2002	Cilindraje	1.6	Kilometraje	Km
Celular		Correo		Nº	1
Tarea Realizada:					

PROFORMA

PROFORMA	
<i>Elemento</i>	<i>Precio</i>
Lubricante Amalie 10W30	\$ 22,00
Filtro de aceite	\$ 4,00
Juego de bujías	\$ 12,00
Cables de bujías	\$ 25,00
Filtro de aire	\$ 6,00
Filtro de combustible	\$ 5,00
<i>Mano de Obra</i>	
ABC de motor (Cambio de lubricantes y filtros)	\$ 15,00
Cambio de cables de bujías	\$ 5,00
Limpieza del cuerpo de aceleración	\$ 10,00
Limpieza de Inyectores	\$ 20,00
TOTAL	\$ 124,00

PROFORMA	
<i>Elemento</i>	<i>Precio</i>
Lubricante Amalie 20w50	\$ 21,00
Filtro de aceite	\$ 4,00
Juego de bujías	\$ 12,00
Cables de bujías	\$ 25,00
Filtro de aire	\$ 6,00
Filtro de combustible	\$ 5,00



Mano de Obra

ABC de motor (Cambio de lubricantes y filtros)	\$	15,00
Cambio de cables de bujías	\$	5,00
Limpieza del cuerpo de aceleración	\$	10,00
Limpieza de Inyectores	\$	20,00
TOTAL		\$ 123,00

**Es un placer servirle
¡Gracias por su confianza!**

ANEXO II. ANÁLISIS DEL ACEITE 10W30

ANÁLISIS DEL ACEITE 10W30

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito. 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 lacbal@epn.edu.ec					Edición:	04
						Fecha de edición:	2022-01-31
						Página	1 de 6
	 LACBAL <small>Laboratorio de Análisis de Combustibles y Lubricantes</small>					FRP7.801 <small>*Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N°SAE LEN 21-002*</small>	
INFORME 36-I-LACBAL-2022-874							
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:							
Nombre:		NURY MONCAYO			Teléfono:		990197174
Dirección:		VERSALLES Y SANTIAGO			Número de muestras:		3
Correo electrónico:		nurymoncayo@gmail.com					
INFORMACIÓN GENERAL							
Realizado por:	Quim. Alison Hernández	N° de proforma:	DQ-P0874-2022	Recepción de muestras:	2022-04-26	Transporte:	NA
Tipo de cliente:	EXTERNO	N° de factura:	001-001-0184523	Inicio de ensayos:	2022-04-29	Entrega de informe:	2022-05-11
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:							
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE		IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE		CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD
NUEVO		10W30 NUEVO		874-01	Aceite lubricante	Plástico	100 mL
USADO		10W30 QUITO		874-02	Aceite lubricante	Plástico	100 mL
USADO		10W30 STO. DOMINGO		874-03	Aceite lubricante	Plástico	100 mL
CONDICIONES AMBIENTALES:							
TEMPERATURA [°C]	17,1	HUMEDAD RELATIVA [%]	67,2	PRESIÓN [kPa]			72,9
RESULTADOS OBTENIDOS:							
ENSAYO	NORMA MÉTODO	ÍTEM	UNIDADES	10W30 NUEVO	10W30 QUITO	10W30 STO. DOMINGO	
				874-01	874-02	874-03	
Contenido de metales	ASTM-D6595	Plata (Ag)	mg/kg	0,00	0,00	0,00	
	ASTM-D6595	Aluminio (Al)	mg/kg	0,71	1,42	1,55	
	ASTM-D6595	Boro (B)	mg/kg	98,77	69,90	36,41	
	ASTM-D6595	Bario (Ba)	mg/kg	0,00	0,00	0,00	
	ASTM-D6595	Calcio (Ca)	mg/kg	445,62	426,64	1432,00	
	ASTM-D6595	Cadmio (Cd)	mg/kg	0,00	0,00	0,00	
	ASTM-D6595	Cromo (Cr)	mg/kg	0,00	0,11	0,25	
	ASTM-D6595	Cobre (Cu)	mg/kg	0,12	0,40	0,58	
	ASTM-D6595	Hierro (Fe)	mg/kg	1,73	6,68	4,98	
	ASTM-D6595	Potasio (K)	mg/kg	0,11	0,21	1,50	
	ASTM-D6595	Litio (Li)	mg/kg	0,00	0,00	0,39	
	ASTM-D6595	Magnesio (Mg)	mg/kg	749,25	573,42	164,40	
	ASTM-D6595	Manganeso (Mn)	mg/kg	0,57	0,43	0,53	

	ASTM-D6595	Molibdeno (Mo)	mg/kg	55,67	39,15	10,06
	ASTM-D6595	Sodio (Na)	mg/kg	1,19	3,34	8,36
	ASTM-D6595	Niquel (Ni)	mg/kg	0,24	0,41	0,65
	ASTM-D6595	Fósforo (P)	mg/kg	597,83	538,96	656,09
	ASTM-D6595	Plomo (Pb)	mg/kg	0,70	1,17	1,12
	ASTM-D6595	Antimonio (Sb)	mg/kg	0,00	0,00	0,18
	ASTM-D6595	Silicio (Si)	mg/kg	0,00	0,00	0,35
	ASTM-D6595	Estaño (Sn)	mg/kg	1,45	0,44	0,15
	ASTM-D6595	Titanio (Ti)	mg/kg	0,00	0,00	0,00
	ASTM-D6595	Vanadio (V)	mg/kg	14,02	12,87	0,31
	ASTM-D6595	Zinc (Zn)	mg/kg	866,98	876,05	804,30
Conteo de partículas	ISO 4406	>4um	Part/1 ml	10 342,5	121 265,3	113 491,8
		>6um	Part/1 ml	1 647,4	10 177,8	15 841,3
		>14um	Part/1 ml	534,6	7,1	85,4
		Número ISO			21/18/16	24/21/10
<p>Autorizado y firmado por:</p> <p>DINA MELISSA <small>Digitally signed by Dina Melissa Albuja Tapia</small> ALBUJA TAPIA <small>DN: c=EC, ou=Escuela Politécnica Nacional, email=dina.albuja@epn.edu.ec</small></p> <p>Q.A. MELISSA ALBUJA Responsable técnica de LACBAL</p>						
NOTAS ACLARATORIAS						
1. Todos los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no todos están acreditados.						
2. Los métodos que constan de un *, son aquellos métodos acreditados. <u>Acreditación N° SAE LEN 21-002</u>						
3. Los resultados reportados corresponden únicamente a los items ensayados.						
4. Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del LACBAL.						
5. Cuando aplique, se realizan los ensayos aun sin cumplir con los criterios de aceptación y rechazo de las muestras de objeto de ensayo previa aceptación del cliente, la comparación respectiva con la normativa vigente NTE INEN.						
6. El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra, los resultados son únicamente de la muestra entregada por el cliente.						
7. El laboratorio no cuenta con otras instalaciones, por lo que todas las actividades son realizadas en las instalaciones de LACBAL.						
8. En caso de que el laboratorio sea el responsable del transporte de la muestra (convenio suscrito) LACBAL lo realizará de acuerdo a los protocolos establecidos para transporte en la norma ASTM D4057-19.						
9. Para el caso de que el cliente requiera que se realice el ensayo a pesar de un desvío en las condiciones especificadas de ingreso de la muestra, el LACBAL no se responsabiliza de los resultados.						

Nota. Tomado de LACBAL (2022)

ANEXO III. ANÁLISIS DEL ACEITE 20W50

ANÁLISIS DEL ACEITE 20W50

	INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) Sto piso, Quito. 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 lacbal@epn.edu.ec		Edición:	04
			Fecha de edición:	2022-01-31
			Página	1 de 6
FRP7.801				
"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N°SAE LEN 21-002"				
INFORME 36-I-LACBAL-2022-874				
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:				
Nombre:	NURY MONCAYO		Teléfono:	990197174
Dirección:	VERSALLES Y SANTIAGO		Número de muestras:	3
Correo electrónico:	nurymoncayo@gmail.com			
INFORMACIÓN GENERAL				

Realizado por:	Quim. Alisson Hernández	N° de proforma:	DQ-P0874-2022	Recepción de muestras:	2022-04-26	Transporte:	NA
Tipo de cliente:	EXTERNO	N° de factura:	001-001-0184523	Inicio de ensayos:	2022-04-29	Entrega de informe:	2022-05-11
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:							
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE		IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE		CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD
NUEVO		20W50 NUEVO		874-04	Aceite lubricante	Plástico	100 mL
USADO		20W50 QUITO		874-05	Aceite lubricante	Plástico	100 mL
USADO		20W50 STO. DOMINGO		874-06	Aceite lubricante	Plástico	100 mL
CONDICIONES AMBIENTALES:							
TEMPERATURA [°C]	17,1	HUMEDAD RELATIVA [%]	67,2	PRESIÓN [kPa]			72,9
RESULTADOS OBTENIDOS:							
ENSAYO	NORMA MÉTODO	ÍTEM	UNIDADES	20W50 NUEVO	20W50 QUITO	20W50 STO. DOMINGO	
				874-04	874-05	874-06	
Contenido de metales	ASTM-D6595	Plata (Ag)	mg/kg	0,00	0,00		0,00
	ASTM-D6595	Aluminio (Al)	mg/kg	3,47	1,61		1,54
	ASTM-D6595	Boro (B)	mg/kg	2,81	64,21		49,06
	ASTM-D6595	Bario (Ba)	mg/kg	0,55	0,15		1,57
	ASTM-D6595	Calcio (Ca)	mg/kg	2791,00	491,76		434,94
	ASTM-D6595	Cadmio (Cd)	mg/kg	0,00	0,00		0,00
	ASTM-D6595	Cromo (Cr)	mg/kg	0,00	0,30		0,00
	ASTM-D6595	Cobre (Cu)	mg/kg	0,03	0,43		0,55
	ASTM-D6595	Hierro (Fe)	mg/kg	1,39	8,04		4,55
	ASTM-D6595	Potasio (K)	mg/kg	2,85	0,58		0,47
	ASTM-D6595	Litio (Li)	mg/kg	0,00	0,00		0,00
	ASTM-D6595	Magnesio (Mg)	mg/kg	27,86	444,36		491,53
	ASTM-D6595	Manganeso (Mn)	mg/kg	0,56	0,66		0,99
	ASTM-D6595	Molibdeno (Mo)	mg/kg	0,00	33,53		38,22
	ASTM-D6595	Sodio (Na)	mg/kg	2,57	4,53		4,95
	ASTM-D6595	Níquel (Ni)	mg/kg	0,09	0,59		0,36
	ASTM-D6595	Fósforo (P)	mg/kg	1041,00	527,57		486,55
	ASTM-D6595	Plomo (Pb)	mg/kg	0,36	0,29		0,00
	ASTM-D6595	Antimonio (Sb)	mg/kg	0,00	0,25		0,00
	ASTM-D6595	Silicio (Si)	mg/kg	5,74	0,00		0,00
ASTM-D6595	Estaño (Sn)	mg/kg	0,00	0,98		0,95	
ASTM-D6595	Titanio (Ti)	mg/kg	0,00	0,00		0,00	
ASTM-D6595	Vanadio (V)	mg/kg	0,29	11,77		0,19	
ASTM-D6595	Zinc (Zn)	mg/kg	1207,00	839,13		803,26	
Cuento de partículas	ISO 4406	>4um	Part/1 ml	19 458,7	107 544,3		65 624,1
		>6um	Part/1 ml	5 773	7 810,0		5 217,4
		>14um	Part/1 ml	18,00	3,00		13,00
		Número ISO			21/20/11	24/20/9	
<p>Autorizado y firmado por:</p> <p>DINA MELISSA <small>Digitally signed by DINA MELISSA</small> ALBUJA TAPIA <small>DN: cn=DINA MELISSA, o=LACBAL</small></p> <p>Q.A. MELISSA ALBUJA Responsable técnica de LACBAL</p>							
NOTAS ACLARATORIAS							
1. Todos los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no todos están acreditados.							
2. Los métodos que constan de un *, son aquellos métodos acreditados. <u>Acreditación N° SAE LEN 21-002</u>							
3. Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems ensayados.							
4. Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del LACBAL.							
5. Cuando aplique, se realizan los ensayos aun sin cumplir con los criterios de aceptación y rechazo de las muestras de objeto de ensayo previa aceptación del cliente, la comparación respectiva con la normativa vigente NTE INEN.							
6. El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra, los resultados son únicamente de la muestra entregada por el cliente.							
7. El laboratorio no cuenta con otras instalaciones, por lo que todas las actividades son realizadas en las instalaciones de LACBAL.							
8. En caso de que el laboratorio sea el responsable del transporte de la muestra (convenio suscrito) LACBAL lo realizará de acuerdo a los protocolos establecidos para transporte en la norma ASTM D4057-19.							
9. Para el caso de que el cliente requiera que se realice el ensayo a pesar de un desvío en las condiciones especificadas de ingreso de la muestra, el LACBAL no se responsabiliza de los resultados.							

Nota. Tomado de LACBAL (2022)



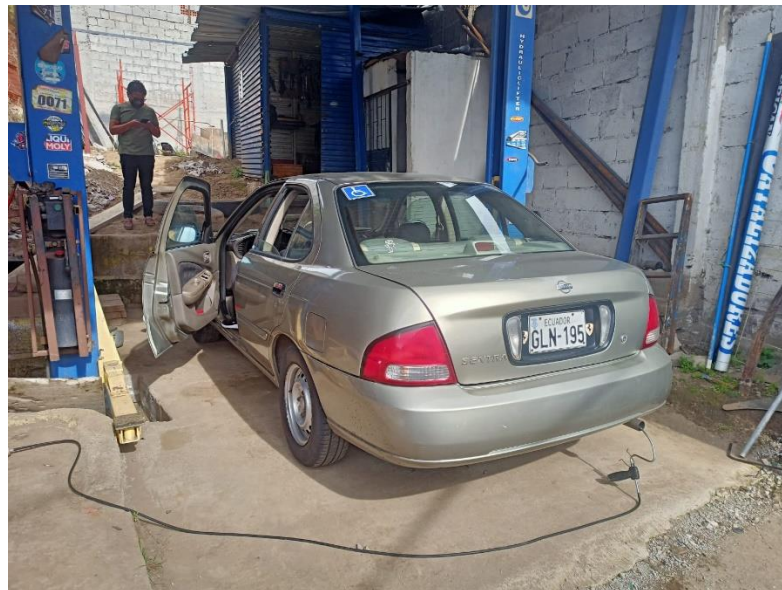
ANEXO IV Verificación del kilometraje



ANEXO V Muestras de los aceites



ANEXO VI Cambio de aceite lubricante



ANEXO VII Colocación del analizador de gases



ANEXO VIII Toma de las muestras de aceite



ANEXO IX Datos obtenidos del analizador de gases