

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Implementación del plan de mantenimiento  
basado en análisis de aceite en minibuses de la  
empresa Los Leones S. A. - Cusco**

Omar Delgado Daza

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Cusco, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todas las personas que siempre están a mi lado y fueron pilares fundamentales para poder concluir satisfactoriamente mi carrera profesional, en especial a mis padres, que desde el momento que nací hasta el día de hoy están presentes a mi lado, ya que sin su apoyo no lo hubiera logrado. De igual manera, quiero agradecer a mis hermanos, menores todos ellos, siempre perseverantes y unidos.

Seguidamente agradezco bastante a mi casa de estudios, la Universidad Continental, por brindarme la mejor preparación para ser un profesional competente, a mis docentes de los diferentes cursos, señores profesionales ellos. Gracias a sus grandes experiencias y sabiduría que comparten con sus alumnos para así estimularnos a ser grandes como ellos.

Y por último agradecer a todos mis familiares, ya que ellos forman parte de mi vida cotidiana y estamos unidos en todo momento.

## **DEDICATORIA**

Gracias por todo Dios mío.

Para ti, mamá Clotilde.

Para ti, papá Anastacio.

Para ustedes, hermanos míos.

Gracias a todos...

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<u>AGRADECIMIENTO .....</u>	<u>I</u>
<u>DEDICATORIA .....</u>	<u>II</u>
<u>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</u>	<u>III</u>
<u>ÍNDICE DE TABLAS .....</u>	<u>VI</u>
<u>ÍNDICE DE FIGURAS.....</u>	<u>VII</u>
<u>RESUMEN .....</u>	<u>IX</u>
<u>ABSTRACT.....</u>	<u>X</u>
<u>INTRODUCCIÓN .....</u>	<u>XI</u>
<u>CAPÍTULO I .....</u>	<u>1</u>
<u>1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</u>	<u>1</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA .....	3
1.3.2. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	3
1.3.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA .....	4
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	4
1.4.1. HIPÓTESIS .....	4

1.4.2. VARIABLES .....	4
1.4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	6
<b><u>CAPÍTULO II.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b><u>2. MARCO TEÓRICO.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.....	7
2.1.2. A NIVEL NACIONAL .....	8
2.1.3. A NIVEL LOCAL .....	10
2.2. BASES TEÓRICAS .....	11
2.2.1. MOTOR DIÉSEL.....	11
2.2.2. TRIBOLOGÍA.....	13
2.2.3. APLICACIONES DE LA TRIBOLOGÍA .....	19
2.2.4. LUBRICANTE .....	20
2.2.5. ANÁLISIS DE ACEITE .....	26
2.2.6. PLAN DE MANTENIMIENTO .....	31
2.2.7. INDICADORES DE MANTENIMIENTO .....	36
2.2.8. COSTOS DE MANTENIMIENTO .....	37
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	37
<b><u>CAPÍTULO III.....</u></b>	<b><u>39</u></b>
<b><u>3. METODOLOGÍA .....</u></b>	<b><u>39</u></b>
3.1. MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
3.3.1. POBLACIÓN .....	40
3.3.2. MUESTRA.....	40
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	41
3.4.1. INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS .....	41
3.4.2. ETAPAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	41

3.4.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE MUESTRAS DE ACEITE PARA EL ANÁLISIS .....	42
3.4.4. PROCEDIMIENTOS DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE ACEITE Y ETIQUETADO .....	46
3.5. LÍMITES PREVENTIVOS SEGÚN LABORATORIO SGS DEL PERÚ S. A. C.....	49
3.6. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE CANTIDAD DE PARTÍCULAS DE ACEITE SEGÚN NORMA ISO 4406: 17. ....	49
 <u>CAPÍTULO IV.....</u>	 <u>52</u>
 <u>4. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITE EN MINIBUSES DE LA EMPRESA LOS LEONES S.A. – CUSCO .....</u>	 <u>52</u>
4.1. SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE MINIBUSES DE LA EMPRESA LOS LEONES S. A. ....	52
4.2. MONITOREO DE LOS MINIBUSES PARA EL ANÁLISIS DE ACEITE DEL MOTOR .....	55
4.3. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	56
4.3.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ACEITE DE MOTOR .....	56
4.3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	71
4.4. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITE .....	73
4.4.1. TABLA DE ÍNDICES DE DISPONIBILIDAD DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	73
4.4.2. TABLA DE ÍNDICES DE COSTOS DE MANTENIMIENTO .....	74
4.5. RESULTADO GENERAL DEL ANÁLISIS DE ACEITE .....	75
4.6. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	76
4.7. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	80
 <u>CONCLUSIONES .....</u>	 <u>83</u>
 <u>RECOMENDACIONES.....</u>	 <u>84</u>
 <u>BIBLIOGRAFÍA .....</u>	 <u>85</u>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
TABLA 2.1. CLASIFICACIÓN POR VISCOSIDADES SAE .....	24
TABLA 2.2: NIVELES ACEA PARA MOTOR DIÉSEL DE SERVICIO PESADO.....	26
TABLA 2.3. PARTÍCULAS CONTAMINANTES EN EL ACEITE DE MOTOR .....	28
TABLA 2.4. CAUSAS DE LAS VARIACIONES DE VISCOSIDAD.....	30
TABLA 3.1. LÍMITES CONDENATORIOS.....	44
TABLA 3.2. FORMATO DE LLENADO DE DATOS DE LAS MUESTRAS .....	48
TABLA 3.3. LÍMITES ESTABLECIDOS PARA ANÁLISIS INFRARROJO .....	49
TABLA 3.4. LÍMITES ESTABLECIDOS PARA ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS .....	49
TABLA 3.5. LÍMITES ESTABLECIDOS PARA ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO .....	49
TABLA 3.6. ESCALA PARA CONTEO DE PARTÍCULAS POR ML .....	51
TABLA 4.1. PRINCIPALES AVERÍAS REPORTADAS CON FRECUENCIA .....	52
TABLA 4.2. SISTEMAS DE MOTOR CON MAYOR ÍNDICE DE FALLAS.....	53
TABLA 4.3. DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES VEHICULARES EN PRUEBA .....	54
TABLA 4.4. COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES VEHICULARES EN PRUEBA .....	55
TABLA 4.5. UNIDADES VEHICULARES PARA EL MONITOREO DE ACEITE DE MOTOR .....	55
TABLA 4.6. DATOS DE ANÁLISIS INFRARROJO/1. <sup>A</sup> MUESTRA.....	57
TABLA 4.7. DATOS DEL ANÁLISIS INFRARROJO/2. <sup>A</sup> MUESTRA.....	57
TABLA 4.8. LÍMITES CONDENATORIOS PARA ANÁLISIS INFRARROJO .....	58
TABLA 4.9. DATOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS/1. <sup>A</sup> MUESTRA .....	62
TABLA 4.10. DATOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO/2. <sup>A</sup> MUESTRA .....	62
TABLA 4.11. LÍMITES CONDENATORIOS PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	63
TABLA 4.12. DATOS DE ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO/1. <sup>A</sup> MUESTRA .....	65
TABLA 4.13. DATOS DE ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO/2. <sup>A</sup> MUESTRA .....	65
TABLA 4.14. LÍMITES CONDENATORIOS PARA ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO.....	66
TABLA 4.15. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	72
TABLA 4.16. ÍNDICES DE DISPONIBILIDAD ANTES DE APLICAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO ....	73
TABLA 4.17. ÍNDICES DE DISPONIBILIDAD DESPUÉS DE APLICAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO	74
TABLA 4.18. ÍNDICE DE COSTOS ANTES DE APLICAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	74
TABLA 4.19. ÍNDICE DE COSTOS DESPUÉS DE APLICAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	75
TABLA 4.20. ELEMENTOS CONTAMINANTES ENCONTRADOS EN EL ANÁLISIS DE ACEITE .....	75
TABLA 4.21. TABLA DE DISTRIBUCIÓN T .....	77
TABLA 4.21. PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD PARA DETERMINAR SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR	78



TABLA 4.22. VALOR DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA DETERMINAR LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	79
TABLA 4.23. ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD DE UN ANTES.....	81
TABLA 4.24. ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD DE UN DESPUÉS .....	81
TABLA 4.25. ÍNDICE DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UN ANTES .....	82
TABLA 4.26. ÍNDICE DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UN DESPUÉS .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. COMPONENTES DEL MOTOR DIÉSEL.....	11
FIGURA 2.2: FRICCIÓN Y DESGASTE INTERNO EN EL MOTOR.....	14
FIGURA 2.3: DESGASTE DE COMPONENTES INTERNOS DEL MOTOR .....	15
FIGURA 2.4: RELACIÓN ENTRE SUPERFICIES DE DESGASTE CON LA LUBRICACIÓN.....	16
FIGURA 2.5: LUBRICACIÓN ESTÁTICA. ....	17
FIGURA 2.6: LUBRICACIÓN DINÁMICA. ....	17
FIGURA 2.7: REGÍMENES DE LUBRICACIÓN .....	19
FIGURA 2.10. DESARROLLO TECNOLÓGICO DE MOTORES Y LUBRICANTES SEGÚN NORMAS API25	
FIGURA 2.11. COMPARACIÓN DE COSTOS CON CADA TIPO DE MANTENIMIENTO .....	33
FIGURA 2.12. DIAGRAMA DE PARETO .....	35
FIGURA 2.13. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	35
FIGURA 3.1. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	41
FIGURA 3.2. EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE ACEITE .....	43
FIGURA 3.3. FORMATO DE LLENADO DE DATOS.....	43
FIGURA 3.4. PRUEBA DE CONTEO DE PARTÍCULAS.....	44
FIGURA 3.5. CONTAMINANTES DEL LUBRICANTE.....	45
FIGURA 3.6. INFORME DEL LABORATORIO. (VER ANEXO).....	45
FIGURA 3.7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	46
FIGURA 3.8. ACCIONES DE MANTENIMIENTO.....	46
FIGURA 4.1. GRÁFICA DE PARETO DE SISTEMAS CRÍTICOS DEL MOTOR .....	53
FIGURA 4.2. TENDENCIA % DE HOLLÍN .....	58
FIGURA 4.3: TENDENCIA DE HOLLÍN A/0.1MM.....	59
FIGURA 4.4. TENDENCIA DE OXIDACIÓN A/0.1MM .....	60
FIGURA 4.5. TENDENCIA DE SULFATACIÓN A/0.1MM.....	60
FIGURA 4.6. TENDENCIA DE NITRACIÓN A/0.1MM .....	61

FIGURA 4.7. TENDENCIA DE VISCOSIDAD 100 °C cSt .....	63
FIGURA 4.8. TENDENCIA TBN MG KOH/G.....	64
FIGURA 4.9. TENDENCIA DE HIERRO (FE) .....	66
FIGURA 4.10. TENDENCIA DE CROMO (CR) .....	67
FIGURA 4.11. TENDENCIA DE PLOMO (PB) .....	67
FIGURA 4.12. TENDENCIA DE COBRE (CU) .....	68
FIGURA 4.13. TENDENCIA DE ESTAÑO (SN).....	68
FIGURA 4.14. TENDENCIA DE ALUMINIO (AL).....	69
FIGURA 4.15. TENDENCIA DE SILICIO (SI) .....	69
FIGURA 4.16. TENDENCIA DE SODIO (NA).....	70
FIGURA 4.17. TENDENCIA DE POTASIO (K).....	71
FIGURA 4.18. DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE ACEITE.....	76

## RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo general implementar un plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en microbuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco, con el fin de reducir los costos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad del parque vehicular.

Se utilizó la siguiente metodología: De acuerdo al propósito, la investigación es de tipo aplicado, con método inductivo y diseño experimental - pre-experimento. La técnica utilizada para identificar el sistema con factor crítico de mantenimiento fue a través de un diagrama de Pareto, con la información proporcionada por los conductores de las unidades vehiculares. Una vez identificado el sistema crítico de la flota vehicular, se aplicó la herramienta de análisis de aceite de motor para identificar la causa raíz del problema y aplicar estrategias para reducir los factores dañinos. La población para esta investigación consta de 46 microbuses, de los cuales ocho serán parte de la muestra.

Los resultados del estudio arrojaron que en la primera etapa de muestreo de análisis de aceite, de los ocho microbuses en prueba, cuatro de ellos resultaron con observación por viscosidad y contaminación, según los resultados emitidos por el laboratorio de análisis de lubricantes. A continuación, se analizó los posibles factores que influyen en la contaminación y deterioro del lubricante.

Se implementó un plan de mantenimiento para los microbuses, luego del cual se realizó la segunda etapa de muestreo, los ocho microbuses en prueba quedaron sin observación, los cuatro observados anteriormente lograron mejorar los límites de condenación de contaminantes y viscosidad del aceite de motor. Además, se logró aumentar la disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento de la flota, concluyéndose la importancia del plan de mantenimiento aplicado.

Palabras clave: Mantenimiento, motor, análisis, lubricante, disponibilidad, minibús, costos.

## **ABSTRACT**

The general objective of the research work was to implement a maintenance plan based on oil analysis in minibuses of the company Los Leones S.A. - Cusco, in order to reduce maintenance costs and improve the availability of the vehicle fleet.

The following methodology was used: According to the purpose, the research is of an applied type, with an inductive method and experimental design - pre-experiment. The technique used to identify the system with a critical maintenance factor was through a Pareto diagram, with the information provided by the drivers of the vehicle units. Once the critical system of the vehicle fleet was identified, the engine oil analysis tool was applied to identify the root cause of the problem and take strategies to reduce the damaging factors. The population for this research consists of 46 buses, of which 8 buses will be part of the sample.

The results of the study were that, in the first stage of oil analysis sampling of the 8 minibuses under test, 4 of them came out with an observation of viscosity and contamination, according to the results issued by the lubricant analysis laboratory. Next, the possible factors that influence the contamination and deterioration of the lubricant were investigated.

A maintenance plan was implemented. After having applied the maintenance plan to the minibuses, the second sampling stage was carried out, the 8 minibuses under test were left without observation, the 4 previously observed managed to improve the condemnation limits of contaminants and viscosity of motor oil. In addition, it was possible to increase the availability and reduce the maintenance costs of the fleet. Concluding on the importance of the applied maintenance plan.

**Keywords:** Maintenance, Engine, Analysis, Lubricant, Availability, Minibus, Costs.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada «Implementación del Plan de Mantenimiento Basado en Análisis de Aceite en Minibuses de la Empresa Los Leones S. A. - Cusco», da a conocer la importancia que tiene en la actualidad la implementación de un plan de mantenimiento eficaz a flotas vehiculares, ya que de ello depende la disponibilidad de las unidades de transporte para poder brindar un servicio de calidad y puntual a los pasajeros.

Con la modernización de algunos minibuses de la flota, también es muy importante aplicar nuevas tecnologías de mantenimiento como la técnica de análisis de aceite, que permite monitorear constantemente al motor y los puntos críticos de la máquina en general, evitando paradas imprevistas y posibles fallos que suelen provocar altos costos en reparaciones, repuestos, mano de obra, etc.

Por lo mencionado anteriormente el objetivo principal es implementar un plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco, con la finalidad de optimizar costos de mantenimiento y disponibilidad. Para lograr dicho objetivo este estudio de investigación consta de los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se describió la empresa, el planteamiento del estudio y las razones para efectuar el proyecto de investigación, definición de la hipótesis e identificación de las variables.

En el capítulo II, se mencionó los antecedentes del plan de mantenimiento y descripción de conceptos de las bases teóricas.

En el capítulo III, nos enfocamos en la metodología y diseño de la investigación, además la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV, se describió el mantenimiento actual de los minibuses, aplicación y monitoreo del análisis de aceite, interpretación de resultados de dicho procedimiento, implementación del plan de mantenimiento, prueba de hipótesis (costos de mantenimiento y disponibilidad), discusión e interpretación de resultados luego aplicación del plan de mantenimiento.

Según los resultados finales de la investigación, se concluye que la disponibilidad mejora en 4.3 %, mientras los costos de mantenimiento se reducen en S/. 4,415.0

## CAPÍTULO I

### 1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1. Planteamiento del problema

##### 1.1.1. Definición del problema

Los Leones S. A. es una empresa que pertenece a la flota vehicular del transporte urbano de la ciudad del Cusco, ésta empresa tiene una flota de 46 minibuses que a diario circulan con la finalidad de transportar a gran cantidad de usuarios que se movilizan en dichas unidades vehiculares.

Es entonces que estos medios de transporte público deben estar operativos en la parte mecánica, considerando que su mantenimiento es fundamental para garantizar y salvaguardar la integridad de los usuarios que los emplean a diario para su traslado, por ello dicha empresa tiene la misión de garantizar el servicio con responsabilidad, comodidad y puntualidad hacia la población cusqueña.

Tras lo mencionado anteriormente se debe dar a conocer que los minibuses de la empresa «Los Leones S. A.», no disponen de un cronograma o plan de mantenimiento que les permita controlar adecuadamente el mantenimiento mecánico de la flota vehicular y poder garantizar un servicio óptimo, lo que da lugar a paradas innecesarias, altos costos en mantenimiento y la reducción de la disponibilidad por falta de la manutención adecuada de las unidades vehiculares.

Normalmente los propietarios de estas unidades vehiculares esperan a que sus minibuses presenten averías o fallas para recién tomar en cuenta su mantenimiento, es en este punto que cuando la avería o falla es drástica, la unidad vehicular entra en reparación presentándose altos costos de mantenimiento, repuestos, mano de obra, etc. Además, la parada de máquina ocasiona cero ingresos económicos, afectando directamente la economía del propietario.

Cabe mencionar cuando el mantenimiento de un motor de combustión interna es muy deficiente o no existe un cronograma para tal proceso, en cualquier momento puede presentar anomalías e incluso ocasionar daños perjudiciales al motor y sus componentes.

Por esta razón implementar un plan de mantenimiento es fundamental para poder minimizar las averías o fallas que se pueden presentar en los sistemas mecánicos. Además, con la implementación de un plan se podrá alargar los intervalos de cambio de componentes y por tanto, la vida útil del motor, lo cual, también disminuirá costos de mantenimiento, beneficiando directamente a los propietarios de los minibuses.

Para llevar a cabo este proyecto de investigación se necesita aplicar algunas estrategias, métodos, procedimientos, etc., como la técnica del muestreo de aceite. Esta técnica es fundamental para determinar el estado del motor mediante el análisis de aceite en un laboratorio certificado. Por ello tenemos la siguiente interrogante:

¿Es posible implementar un plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en minibuses de la empresa «Los Leones S. A.» – Cusco; para optimizar costos de mantenimiento y disponibilidad de la flota vehicular?

### **1.1.2. Formulación del problema**

- ¿Cuál es la situación actual de mantenimiento de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco?
- ¿Qué estrategias y herramientas serán utilizadas para diagnosticar el estado de aceite del motor y sus componentes en la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A.– Cusco?
- ¿Qué tipo de mantenimiento se aplicará para mejorar el mantenimiento tradicional utilizado actualmente en la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco?
- ¿Cómo se podrá reducir los costos de mantenimiento e incrementar la disponibilidad de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Implementar un plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco., para optimizar costos y disponibilidad.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Describir la situación actual de mantenimiento de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco, para optimizar costos y disponibilidad.

- Tomar muestras de aceite para su análisis en laboratorio, con el fin de conocer la condición de aceite del motor de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A.– Cusco.
- Interpretar los resultados del análisis de aceite con el fin de elaborar un plan de mantenimiento para la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco.
- Aplicar el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite a la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco.
- Analizar los resultados obtenidos posimplementación del plan de mantenimiento en flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A., para optimizar costos y disponibilidad.

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Justificación técnica**

El estudio propuesto se basa en identificar los diferentes elementos contaminantes con un alto potencial destructivo que pueda presentar el motor internamente. El punto crítico por medio del cual se puede detectar estos elementos contaminantes es el lubricante del motor. Entonces, la herramienta de análisis de aceite del motor se convierte en el factor imprescindible que nos permite detectar a tiempo fallas catastróficas y evitar reparaciones con altos costos. (LEÓN LECCA, 2017)

Para controlar y reducir posibles fallas o averías es imprescindible la implementación de un plan de mantenimiento, ya que permitirá alargar la vida útil del motor y sus componentes.

#### **1.3.2. Justificación tecnológica**

Actualmente los encargados de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A., no cuentan con un plan de mantenimiento, solo se guían por las recomendaciones del fabricante. Para el mantenimiento del motor utilizan los aceites minerales que son bastantes económicos, pero la protección de este mecanismo se reduce, ya que tal producto utilizado contiene pocos aditivos que limitan la durabilidad del aceite. Por ello los fabricantes de este tipo de lubricantes recomienda su cambio máximo a cinco mil kilómetros de recorrido. (LEÓN LECCA, 2017)

Con la modernización de algunos minibuses de la flota, es muy importante aplicar nuevas tecnologías de mantenimiento, como la técnica del análisis de aceites en laboratorios, con la finalidad de proteger al motor prolongando su vida y evitar posibles fallas catastróficas que serían pérdidas inmensas para los intereses de la empresa.



### **1.3.3. Justificación económica**

La empresa Los Leones S. A., sin contar con un plan de mantenimiento, realiza el mantenimiento de cambio del aceite y filtros a sus minibuses a cinco mil kilómetros de recorrido, esto equivale aproximadamente a 15 días. Durante un año los costos de mantenimiento y paradas de máquina son inmensas, esto es perjudicial para los propietarios de los minibuses de la empresa, ya que sus ingresos económicos se reducen. (LEÓN LECCA, 2017)

Con la implementación del plan de mantenimiento aplicando nuevas tecnologías, se podrá optimizar los costos de mantenimiento y disponibilidad de la flota, de esta manera el ingreso económico de los propietarios aumentará, además se prolongará la vida de la máquina.

## **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

### **1.4.1. Hipótesis**

Con la implementación del plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco, se logra optimizar los costos de mantenimiento y disponibilidad de la flota vehicular.

### **1.4.2. Variables**

El mantenimiento de toda máquina es un factor crítico que nunca se debe descuidar, ya que la durabilidad de la máquina depende de este factor. Para ello, se utilizará estrategias, herramientas y procedimientos con la finalidad de tener el control estricto del mantenimiento, alargar la vida útil de la máquina, además optimizar costos y la disponibilidad de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco. Para la ejecución de esta investigación nuestras variables son:

- Variable independiente: Mantenimiento basado en análisis de aceite
- Variable dependiente: Costos de mantenimiento y disponibilidad

#### **1.4.2.1. Variable independiente**

- Mantenimiento basado en análisis de aceite: Es una técnica que permite optimizar el funcionamiento de la máquina y alargar su vida útil.

#### **1.4.2.2. Variable dependiente**

- Costos de mantenimiento: Son gastos que se producen con la finalidad de conservar la operatividad de una máquina.
- Disponibilidad: Evalúa el rendimiento de una máquina, equipo, etc., que realiza una función determinada.

### 1.4.3. Operacionalización de las variables

**Tabla 1.1.** Operacionalización de las variables de la investigación

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V. Independiente Mantenimiento basado en análisis de aceite	El análisis de aceite es una técnica que se emplea en máquinas con lubricación de aceite, permite detectar contaminantes en el lubricante. Mediante esta técnica se ejecuta un plan de mantenimiento con el objetivo de proteger y alargar la durabilidad de las máquinas.	Se extraerá muestras de aceite del motor para su análisis en laboratorio. Interpretando los resultado se implementará un plan de mantenimiento.	- Mantenimiento	<b>Frecuencia de mantenimiento:</b> - Reparaciones (RM) - Intervenciones (PM) - Inspecciones, Verificaciones (PdM)
			- Análisis de aceite	<b>Elementos contaminantes:</b> - Viscosidad 100 °C cSt - Agua - Metales (ppm) - % de hollín
V. Dependiente Costos de mantenimiento	Son gastos que se originan con la finalidad de conservar la operatividad de una máquina.	Interpretar los costos de mantenimiento y dar alternativas de solución para optimizar dichos costos.	-Costos	<b>Registro de Costos por:</b> - Mantenimiento correctivo - Mantenimiento preventivo
			-Número de fallas -Tiempo Total de operación. -Tiempo total de parada. -Cantidad de mantenimientos.	<b>Registro de:</b> - Paradas - Fallas - Horometro o Kilometraje
Disponibilidad	Es la capacidad de operatividad de un equipo o máquina por un tiempo especificado.	Identificar los puntos críticos que afectan la disponibilidad de la máquina y mejorar esos puntos.		

*Nota:* RM (Mantenimiento correctivo), PM (Mantenimiento preventivo), PdM (Mantenimiento predictivo).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. A nivel internacional

- a) En la tesis de Cesar A. Guevara Palacios, de la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, titulado «Propuesta de un plan de mantenimiento predictivo basado en la técnica de análisis de aceites en vehículos críticos de la flota Timón S. A.» - 2016. (GUEVARA PALACIOS, 2016)

##### **El estudio se resume:**

En este trabajo de tesis se propone un plan de mantenimiento predictivo, basado en la técnica de análisis de aceites en vehículos críticos de la flota Timón S. A.

Para el desarrollo del proyecto se analizó la información recolectada mediante el muestreo de aceite, la cual permitió realizar un análisis en detalle que arrojó como resultado las causas de las fallas y facilitó realizar un diagnóstico eficaz de los vehículos críticos.

En conclusión, con dichos elementos se consolidó una propuesta de mejoramiento para el mantenimiento de la flota, que pretende fortalecer las rutinas y actividades de actualización del sistema de información de la compañía, con el fin de optimizar el rendimiento de disponibilidad y confiabilidad de los vehículos críticos.

- b) En la tesis de Jorge A. Quintero Manzano, de la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, titulado «Mantenimiento proactivo basado en análisis de aceite para la flota de tracto camiones de la empresa Multiservicios San Martín S. A. S.» – 2017. (QUINTERO MANZANO, 2017)

##### **El estudio se resume:**

Se tiene como objetivo proponer un plan de mantenimiento proactivo basado en análisis de aceite para la flota de tracto camiones de la empresa Multiservicios San Martín S. A. S.

De acuerdo a los resultados del análisis de aceite en el laboratorio, se obtuvo los datos necesarios para llevar a cabo el programa de mantenimiento.

Se concluye afirmando que es muy importante mejorar el proceso de mantenimiento con herramientas proactivas y de buenas prácticas en este rubro en la flota de tracto camiones de la empresa Multiservicios San Martín S. A. S., ya que su estado no era el idóneo para el crecimiento y reconocimiento de la compañía, debido a la falta de programación y organización de los mantenimientos preventivos y la falta de uso de herramientas tecnológicas como lo es el análisis de aceite. (QUINTERO MANZANO, 2017)

### **2.1.2. A nivel nacional**

- a) En la tesis de Luis F. León Lecca, de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, titulado «Mantenimiento proactivo basado en análisis y monitoreo de aceite lubricante aplicado a la flota de Tracto camiones Freightliner» – 2017. (LEÓN LECCA, 2017)

#### **El estudio se resume:**

La presente investigación, consiste en el desarrollo del plan de mantenimiento proactivo que se basa en el análisis y monitoreo constante de aceites lubricantes destinados a los motores de los tracto camiones Freightliner del Grupo Transpesa. Para llegar al objetivo principal se ejecutó un análisis crítico basándose en parada de máquina y reparaciones en dos tracto camiones porque estos mostraban indicadores de fallas altas al momento de la operación. Se muestreó a dos tracto camiones para llevar a cabo las pruebas del análisis de aceites de las máquinas mencionadas, estas muestras se enviaron al departamento de laboratorio para su respectivo análisis, la información de los resultados del análisis permitirá detallar los componentes contaminantes que ocasionan desgastes prematuros en los motores, efectuar un seguimiento estricto para perfeccionar las actividades preventivas, de esta manera se puede reducir cualquier partícula contaminante en el aceite.

Por último, se analizó los resultados que se obtuvieron, la utilidad de contribución de la investigación realizada es reducir las tareas correctivas que no estaban programadas, incrementando el tiempo de funcionamiento de la flota vehicular y por ende una disponibilidad y rendimiento superior de todo el conjunto de tracto camiones. (LEÓN LECCA, 2017)

- b) En la tesis de James A. Galarza Mendoza, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, titulado «Plan de

mantenimiento basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad de la excavadora Caterpillar 390FL de Stracon GYM – Cajamarca» – 2017. (GALARZA MENDOZA, 2017)

**El estudio se resume:**

La presente investigación, nos informa que en la actualidad el mantenimiento (predictivo) de maquinaria pesada cumplen un papel crucial en la mayoría de las empresas del rubro minero, porque del buen estado de funcionamiento de las máquinas depende el avance de los trabajos en proyectos, como las excavadoras son consideradas máquinas muy importantes para carguíos, la planificación y ejecución del mantenimiento deberá anticiparse para que de esta manera no altere la productividad y la predisposición de la maquinaria. La finalidad es incrementar la predisposición de la parte mecánica, ejecutando un programa de mantenimiento predictivo que se basa en análisis de aceite.

La predisposición mecánica de la máquina excavadora 390FL se incrementó en 2.34 %, cabe mencionar que antes de la ejecución del cronograma de mantenimiento que se basa en análisis de aceites, se alcanzó una predisposición de 89.66 % y luego de la ejecución del programa de mantenimiento se pudo lograr una estimación porcentual de crecimiento de 92 %. (GALARZA MENDOZA, 2017)

- c) En la tesis de Darwin M. Inti Morales y Fredy R. Alvarez Céspedes, de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, titulado «Mantenimiento predictivo por análisis de aceite, para optimizar costos operativos por disponibilidad, Montacargas P33000. Siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote 2018 - 2019». (INTI MORALES, y otros, 2019)

**El estudio se resume:**

En la presente investigación se demuestra que el mantenimiento predictivo por análisis de aceite es una herramienta tecnológica que ayuda a optimizar costos de operación y disponibilidad de montacargas.

Con los datos obtenidos y analizados estadísticamente, se pudo ejecutar cuadros que demuestran tendencia de contaminantes que permitieron conocer el estado de operación de la máquina. De acuerdo al tipo de elementos contaminantes se estableció nuevos cambios en la

estrategia de mantenimiento con el propósito de adquirir resultados óptimos en costes, incrementando la disponibilidad en 1.11 %.

El estudio realizado muestra claramente un incremento en la disponibilidad, logrando optimizar costos de operación del montacargas. (INTI MORALES, y otros, 2019).

### **2.1.3. A nivel local**

En la tesis de Victor H. Zapana Almanza, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, titulado «Diseño de un plan de mantenimiento predictivo basado en la condición de lubricante en motores diésel de locomotoras EMD GR. 12 en la ruta sur oriente». (ZAPANA ALMANZA, 2019)

#### **El estudio se resume:**

En el presente trabajo, se realizó la determinación de los límites condenatorios de contaminación y desgaste mediante la interpretación de los resultados del análisis de aceite, utilizando la técnica SACODE; los valores de estos límites ayudarán a establecer un periodo preventivo de cambio de lubricante y un plan de mantenimiento predictivo para los motores diésel de las locomotoras EMD GR12, que operan en la ruta sur oriente de la empresa PERURAIL.

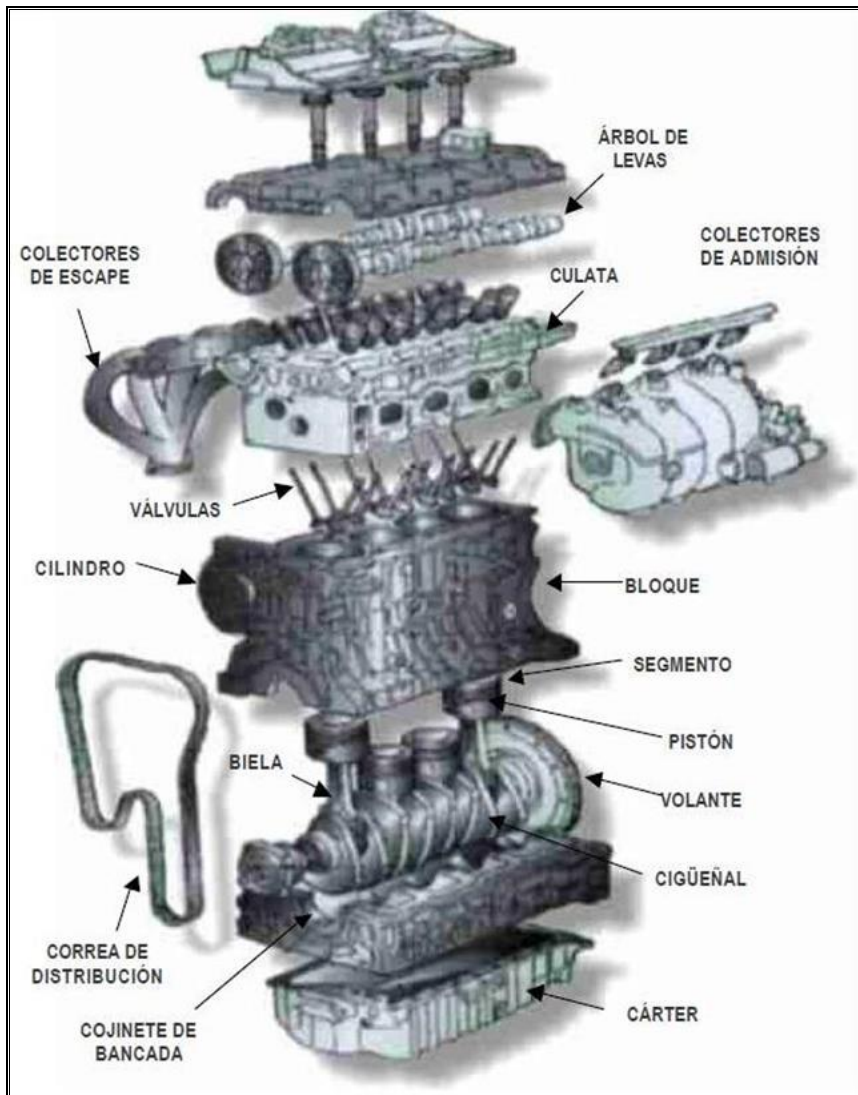
El parámetro más influyente para poder establecer este periodo es la viscosidad del lubricante a 100 °C, ya que depende de esta propiedad para poder evaluar el cambio de lubricante. Los límites SACODE establecidos se utilizaron para el diseño del plan de mantenimiento predictivo basado en la condición del lubricante, los reportes de análisis de aceite fueron interpretados por medio de un programa que realizó las recomendaciones, inspecciones, acciones preventivas y correctivas basadas en la condición del informe generado, el diagnóstico hecho por el programa contribuyó a la reducción de fallas relacionadas con el lubricante del motor diésel. (ZAPANA ALMANZA, 2019)

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Motor diésel

El motor diésel es una máquina termodinámica de combustión interna donde el encendido se produce por la elevada temperatura producto de la compresión del aire dentro del cilindro. (MARTÍNEZ VILLEGAS, 2007)

#### 2.2.1.1. Componentes principales del motor diésel



*Figura 2.1.* Componentes del motor diésel.

**Fuente:** Blogspot.com

Se muestra los componentes principales del motor diésel, que a su vez están divididos en subcomponentes. Los principales elementos del motor que están expuestos a rozamiento y desgaste, sus materiales de fabricación detallaremos a continuación.



✓ **Bloque motor**

El bloque motor o monoblock es una fundición de hierro o aluminio, en el interior se alojan los cilindros del motor, también los soportes de apoyo del cigüeñal.

✓ **Culata**

La culata se construye con fundición de hierro, aluminio o en aleación ligera y se une al bloque motor por la parte superior con una empaquetadura. Se fabrica con dichos materiales para que el enfriado del sistema sea rápido.

✓ **Pistón**

Los pistones son construidos con muchos tipos de materiales siendo los más comunes: Hierro fundido, aleación de níquel, aleación de acero y aleación de aluminio.

✓ **Cigüeñal**

Para la construcción de los cigüeñales, generalmente se emplea el material de acero al carbono; en caso de esfuerzos extremos de trabajo se usan aceros especiales al cromo-molibdeno-vanadio, cromo-níquel con tratamientos térmicos.

✓ **Cojinetes**

Poseen superficies muy duras (antifricción de aleación cobre-plomo, duraluminio, etc.)

✓ **Anillos o segmentos**

Para su fabricación se emplea la fundición de hierro aleada con pequeñas proporciones de níquel, silicio y magnesio, se recubre con cromo o molibdeno.

✓ **Camisa de cilindro**

Casi la mayor parte de las camisas son fabricadas de fundición ácido-resistente de alta aleación con estructura austenítica.

✓ **Bielas**

Generalmente las bielas se fabrican de acero templado por medio de forja, no obstante, existen los motores de competición con bielas de aluminio o titanio, ejecutadas con operación de arranque de material.

✓ **Árbol de levas**

Para su fabricación se emplea hierro fundido o de acero forjado, se caracteriza por ser resistente a la torsión y al desgaste, al efecto, se realiza un tratamiento de templado.

✓ **Válvulas**

Generalmente las válvulas de admisión son fabricadas con acero al cromo-silicio, mientras la del escape de acero al cromo-níquel por ser un material muy resistente al calor. (MARTÍNEZ VILLEGAS, 2007)

### 2.2.2. Tribología

La Tribología es una técnica que permite ejecutar los análisis operacionales a problemas o averías de gran importancia como la económica, confiabilidad, mantenimiento y desgaste de componentes. (GARCÍA SOUTULLO, 2018)

Profundizando el concepto, se encarga de estudiar tres fenómenos; el rozamiento entre dos cuerpos que están en movimiento, el desgaste como un impacto natural y la lubricación como un método que evita el desgaste. (GARCÍA SOUTULLO, 2018)

Conceptualizando los tres fenómenos:

#### 2.2.2.1. Fricción

Se explica al igual que una fuerza de fricción o rozamiento entre dos cuerpos que están en contacto con respecto a la fuerza que se contrapone al desplazamiento del cuerpo encima de la otra (fuerza de fricción cinética) o a la fuerza opuesta al comienzo del desplazamiento (fuerza de fricción estática). (GARCÍA SOUTULLO, 2018)

##### 2.2.2.1.1. Pérdidas por fricción en el motor

Los daños más comunes que se ocasionan por fricción en un motor de combustión interna, ocurre en:

- ✓ **Cojinetes:** Están situados en el lugar de soporte, el cual es el medio de giro del cigüeñal, donde las bielas se acoplan a los pistones y cigüeñal. Tienen la función de facilitar la rotación, así como prevenir desgastes.
- ✓ **Pistón y segmentos:** Las pérdidas por rozamiento del grupo pistón y segmentos contra las paredes del cilindro sufren daños entre 50 % a 70 % del total por fricción. En el grupo pistón y segmentos se ejercen fuerzas con influencia directa con la fricción, las cuales son:
  - Tensiones elásticas de segmentos
  - La fuerza que ejerce la presión de los gases
  - La fuerza de inercia
- ✓ **Distribución:** Al momento de funcionamiento, el tren de distribución se somete a unas cargas que son equivalentes al rpm del motor. A menos rpm, los muelles de las válvulas actúan como cargas, mientras que a mayor rpm se someten a cargas inerciales. Los daños del sistema de distribución son entre 10 % a 20 % de las pérdidas totales por fricción.

En la figura inferior se observa el punto de alojamiento de los cojinetes de las bancadas para el apoyo del cigüeñal, en éste punto se presenta la fricción.



*Figura 2.2:* Fricción y desgaste interno en el motor

**Fuente:** ingenieromarino.com

#### **2.2.2.2. Desgaste**

Podemos definir como la pérdida de una porción del material al momento de que éste entre en movimiento por medio de una fuerza. Los desgastes se presentan durante la vida útil de una máquina (GARCÍA SOUTULLO, 2018). A continuación, se presenta los diferentes tipos de desgaste:

- **Desgaste por adherencia.** Es el momento en que dos superficies se ponen en movimiento, ocasionando fricción y desgaste entre ellos. Este tipo de desgaste se puede ver en los pistones por temperaturas altas y lubricación defectuosa, provocando ralladuras en las faldas del pistón.
- **Desgaste por abrasión.** Es producido a causa de partículas muy duras como el polvo, la arena y metal que entran en contacto con los componentes internos del motor.
- **Desgaste por ludimiento.** Se produce en puntos de las máquinas donde existen vibraciones. Se pueden ver en los cilindros de motor.
- **Desgaste por fatiga.** Las partículas se desprenden cuando se provocan fisuras en superficies de componentes sujetos a esfuerzos cíclicos.
- **Desgaste por cavitación.** Es un acontecimiento físico en donde un líquido en determinadas condiciones pasa a estado gaseoso y unos instantes después pasa nuevamente a estado líquido a causa de cambios bruscos de presión y velocidad. Provoca ruidos, vibraciones y daños a superficies en contacto con fluidos generando erosiones.

- **Desgaste corrosivo.** Es provocado por las reacciones químicas con desprendimiento de materiales de superficies de elementos. Esto ocurre cuando existe presencia de metal y agua por una combustión inadecuada.

En la figura inferior se observa algunos componentes internos del motor con diferentes tipos de desgastes.



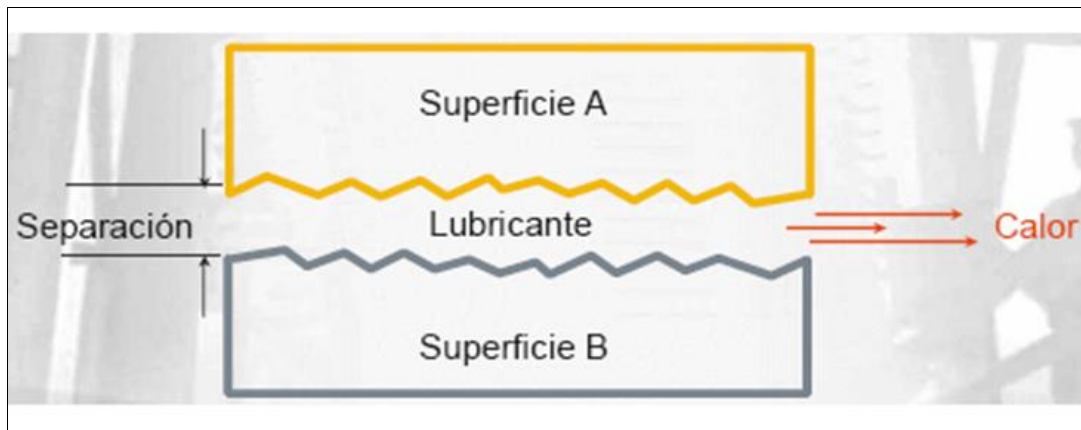
*Figura 2.3:* Desgaste de componentes internos del motor

**Fuente:** [www.e-auto.com.mx](http://www.e-auto.com.mx)

### **2.2.2.3. Lubricación**

Es un sistema de una máquina o equipo que tiene la finalidad de evitar el contacto de dos cuerpos. Cuando la lubricación es adecuada, una máquina presentará desgastes muy pequeños.

La finalidad de la lubricación es que se interponga un agente lubricante entre dos elementos que están en contacto (superficies A y B), como se muestra en la figura inferior. El lubricante tiene como propósito disminuir la fricción y la temperatura de las superficies en contacto. La renovación constante del lubricante favorece la refrigeración y protección de la máquina.



**Figura 2.4:** Relación entre superficies de desgaste con la lubricación.

**Fuente:** sites.google.com

Los lubricantes pueden ser de diferente naturaleza: líquida, sólida y gaseosa, de acuerdo al tipo de empleo, la característica del lubricante es que debe poseer un coeficiente de fricción cerca a cero y genere calor lo menos posible.

La lubricación óptima es primordial para que los elementos o componentes mecánicos tengan un funcionamiento continuo y sin mucho desgaste ni sobreesfuerzo de las partes móviles (cojinetes y engranajes). Una lubricación inadecuada puede generar fricción y desgaste de los metales y otros materiales causando daños severos o hasta incluso destruirse completamente.

#### **2.2.2.3.1. Tipos de lubricación**

##### **a) Estática**

La lubricación estática se da en componentes donde el lubricante no tendrá desplazamiento, en este caso se pueden usar grasas semisólidas, las cuales cumplirán su función satisfactoriamente. Por ejemplo, se tiene la lubricación de rodamientos.



*Figura 2.5:* Lubricación estática.

**Fuente:** ingenieromarino.com

## b) Dinámica

La lubricación dinámica es cuando el lubricante está en movimiento en el sistema. Dentro de este conjunto, se tiene a varias clases de acuerdo al tipo de desplazamiento.



*Figura 2.6:* Lubricación dinámica.

**Fuente:** ingenieromarino.com

Las variadas clases de lubricación son:

- i. **Por barboteo.** Es un tipo de lubricación que aprovecha su propio mecanismo para propulsar el lubricante al sistema del motor. Se usa en motores de tamaño pequeño que trabajan a bajos rpm, porque la lubricación no es precisa y no tolera grandes cargas.
- ii. **A presión.** Este método de lubricación se emplea casi en la mayoría de motores. Dentro de este sistema de lubricación se mencionan:
  - **Lubricación a presión «Baño de aceite»**

En este tipo de lubricación el aceite se abastece desde el cárter por medio de una bomba por las vías a las partes que se encuentran con fricción, enseguida el aceite se escurre de los elementos del motor y retorna al cárter por la gravedad.

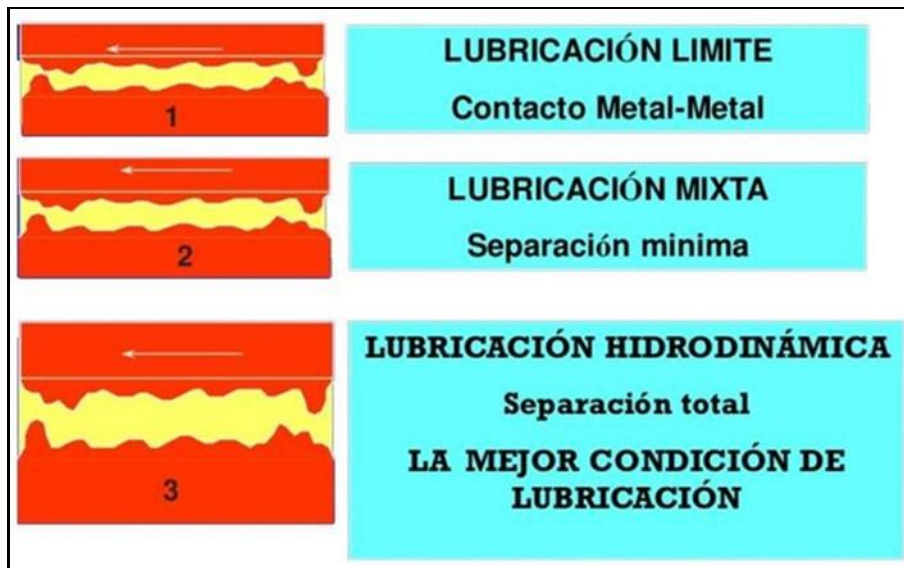
- **Lubricación a «Cárter seco»**

En este tipo de lubricación, el aceite se deposita externamente y no en el cárter, se abastece con una bomba por las vías hacia las paredes con fricción, enseguida el aceite gotea de los elementos del motor y retorna al cárter por gravedad, en este caso la función del cárter es de almacenar.

- iii. **Mixta.** Los métodos mencionados anteriormente son combinaciones para este tipo de lubricación, tanto a presión como barboteo. Se utilizan en motores de régimen bajo o monocilíndrico, a diferencia del sistema a presión poseen pocas vías y el cigüeñal casi no tiene perforaciones, lo cual permite abaratar costos.

### 2.2.2.3.2. Regímenes de Lubricación

- **A capa límite.** Cuando el espesor de la película de lubricante es igual a la molécula individual del aceite, solo estará recubriendo parcialmente las superficies dejando al descubierto la mayor parte de ellas y por lo tanto la fricción es totalmente sólida. Se ve en cojinetes (antes del giro), rodamientos, eje del turbo compresor (inicio de giro).
- **Mixta o Elastohidrodinámica.** Entre el punto de lubricación límite y el punto de lubricación hidrodinámica se encuentra el punto de tránsito llamado punto mixto, en este punto son combinaciones de ambos efectos de lubricación. Este tipo de lubricación se ve en el sistema de transmisión, cojinetes (inicio de giro), motor (válvulas, pistón, engranajes, etc.).
- **Hidrodinámica.** - Es cuando dos superficies en contacto están completamente separadas por una película del lubricante. Este volumen de la película es mucho más que las irregularidades de las superficies. El coeficiente de fricción es muy poco con respecto a la lubricación por capa límite. Con esta lubricación se previene el desgaste de las partes en movimiento, ya que no hay contacto metálico entre ellas. (GARCÍA SOUTULLO, 2018).  
Este tipo de lubricación se ve en sistemas hidráulicos y transmisiones (caja sin fin, ejes de tracción posterior, cadenas, diferencial), cojinetes (giro constante).



*Figura 2.7:* Regímenes de Lubricación

Fuente: [eva.fing.edu.uy](http://eva.fing.edu.uy)

### 2.2.2.3.3. Las Principales fallas en la lubricación de un motor de combustión interna

Cuando el lubricante no cumple con las recomendaciones del fabricante o se encuentra degradado, produce:

- Desgaste prematuro de componentes internos del motor: metales, pistones, cilindros, cigüeñal, árbol de levas, etc.
- Mayor emisión de contaminantes, la cual afecta al convertidor catalítico.
- Carbonización en la cámara de combustión, provocando detonación del combustible antes que se produzca la combustión.
- Evaporización del lubricante.

### 2.2.3. Aplicaciones de la tribología

La tribología es la ciencia que estudia la fricción el desgaste y la lubricación de dos cuerpos sólidos en contacto y movimiento, por ello es fundamental en todas las máquinas, motores y componentes en general. En la rama automotriz, se menciona algunos elementos importantes de la tribología.

- Los rodamientos
- Los frenos y embragues
- Los sellos
- Los anillos de pistones
- Los engranes y levas



El conocimiento de la tribología se aplica en las siguientes prácticas:

- La conservación de los componentes principales (aceites, filtros, insumos, etc.)
- El aumento del tiempo de durabilidad de las máquinas y herramientas
- El ahorro de los bienes naturales
- Ahorro de energía
- Proteger y cuidar al medio ambiente
- Ahorros económicos

#### **2.2.4. Lubricante**

Es un fluido que se introduce al medio de las partes móviles en contacto, así forma una capa de fluido que imposibilita contacto excesivo, incluso permite el movimiento de las partes a elevadas temperaturas y presiones. (RODRÍGUEZ GALBARRO, 2018)

##### **2.2.4.1. Tipos de lubricantes**

###### **a) Líquidos**

Los lubricantes se clasifican en:

- ✓ **Aceites minerales.** Se obtiene del destilado fraccionado del oro negro (petróleo). Se utiliza por un periodo de tiempo menor.
- ✓ **Aceites semisintéticos.** - Se obtiene al mezclar el aceite sintético y el mineral. Protege al motor y prolonga el intervalo de mantenimiento.
- ✓ **Aceites sintéticos.** - Está constituido por sustancias líquidas (lubricante) que son obtenidos a base de métodos químicos. Una ventaja que posee con respecto a los demás es que su composición de carbonillas es casi nula. Contiene un gran porcentaje de aditivos, por ello protege eficazmente al motor prolongando por más tiempo el intervalo de mantenimiento.

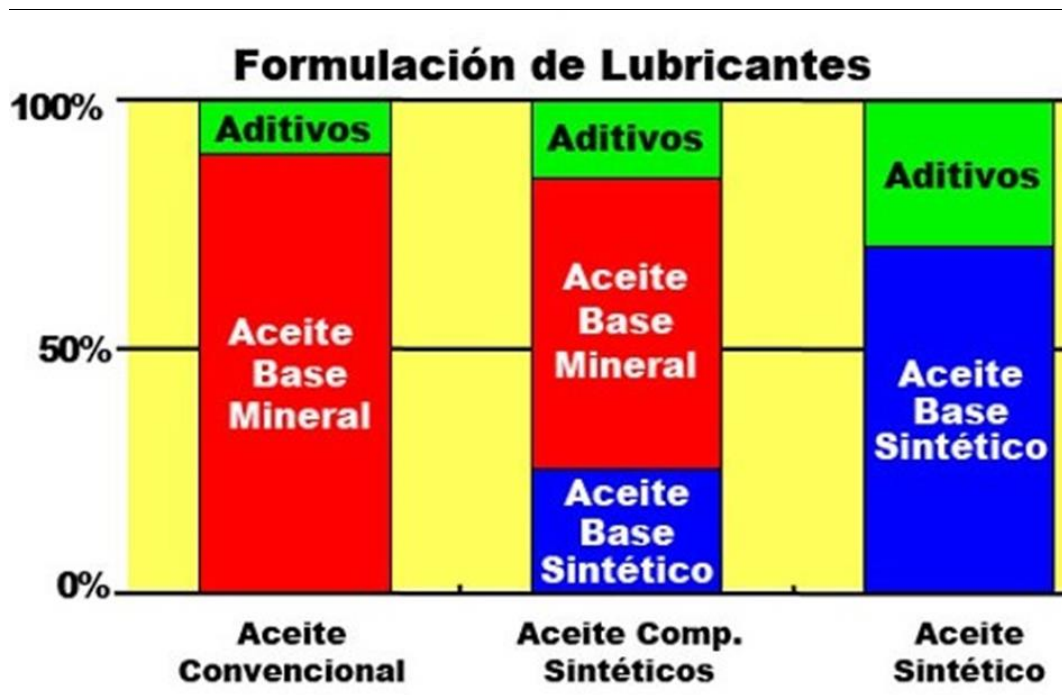


Figura 2.8: Formulación de Lubricantes.

Fuente: oleosanjuan.blogspot.com

#### b) Semisólidos

Dentro de este tipo de lubricante se encuentran las grasas que son disgregaciones de aceite en jabón. Se usan para poder lubricar áreas inaccesibles de engrasar con aceite, ya sea en zonas donde se hace difícil la retención de otros lubricantes, como en zonas donde la lubricación es externa y están expuestos a polvo, suciedad, etc. (RODRÍGUEZ GALBARRO, 2018)

#### c) Sólidos

Este tipo de lubricante se emplea donde las piezas funcionarán a elevadas temperaturas y presiones de trabajos altas.

#### d) Gases

Este tipo de lubricante se aplica para puntos donde los movimientos deben darse con una gran exactitud y precisión.

#### 2.2.4.2. Características principales de los lubricantes

✓ **Viscosidad.** Es una de las propiedades más importante que poseen los lubricantes. Es la resistencia de un fluido a fluir. Este factor es definitivo para que se forme la película del lubricante.

✓ **Índice de viscosidad.** La función de este valor es indicar el cambio de viscosidad del lubricante con respecto a la temperatura. Cuando el aceite llega a una temperatura alta, se hace

más fluido y su viscosidad se reduce; en cambio cuando la temperatura disminuye considerablemente, aumenta la viscosidad o se hace más grueso en aceite.

✓ **El punto de fluidez.** Es cuando a una temperatura mínima el aceite fluye sin ninguna perturbación bajo condiciones específicas de prueba.

✓ **Color y fluorescencia.** Esta característica del lubricante se determina a simple vista a través de un recipiente transparente, se puede diferenciar si está en buena condición o no.

✓ **Densidad.** Se determina entre el peso del volumen indicado del aceite y el peso de igual volumen de agua destilada, cuya densidad es  $1 \text{ kg/m}^3$ , a la misma temperatura. La densidad para aceites lubricantes es a  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

✓ **Punto de inflamabilidad.** El punto de inflamabilidad del lubricante se define con la temperatura mínima. Los vapores que se desprenden se encienden con una chispa.

✓ **Punto de combustión.** Cuando se alargan los ensayos de calentamiento del punto de inflamabilidad, se verá claramente al aceite incendiarse, arder por unos segundos, significa que se consiguió el punto de combustión.

✓ **Punto de congelación.** En este punto de temperatura es cuando el lubricante pierde sus propiedades de fluido convirtiéndose en una sustancia sólida.

✓ **Acidez.** En aceites lubricantes, una excesiva reacción ácida podría ser producto de refinado en condiciones muy malas. A este se le denomina acidez mineral.

✓ **Índice básico T.B.N(Total Base Number).** - Es una característica del aceite que tiene como misión equilibrar los ácidos producidos durante la combustión en el motor. Muestra la capacidad básica del aceite.

✓ **Demusibilidad.** Se define como la menor o mayor factibilidad que posee el aceite de apartarse del agua.

✓ **Untuosidad.** Es la facultad que tiene el lubricante para conformar una película de adherencia y espesor entre dos elementos que se encuentran en contacto, disminuyendo notablemente el rozamiento y desgaste entre superficies.

✓ **Capacidad detergente y dispersante (mediante aditivos).** Esta capacidad se caracteriza de prevenir o reducir formaciones y acumulación de lodos en zonas con alta temperatura del motor. Para saber si el lubricante usado posee aditivo detergente, éste cambiará de color durante un tiempo.

✓ **Capacidad antioxidante y nitración (mediante aditivos).** El lubricante se encuentra expuesto a la oxidación por las altas temperaturas de funcionamiento, causando ésteres, cetonas o ácidos carboxilos, estos productos favorecen a la acidificación del lubricante, además se obtiene el incremento de viscosidad y de la acción corrosiva debido al incremento de la acidez.

✓ **Capacidad antiespumante (mediante aditivos).** Las espumas son burbujas que suben con rapidez a la superficie del aceite, en cambio se debe diferenciar del atrapamiento del aire donde las burbujas que contiene el lubricante ascienden lentamente.

Las espumas son acumulaciones de burbujas que pueden limitar el flujo normal del lubricante por todo el sistema del motor, ocasionando daños a diferentes elementos del motor como a la bomba de aceite, que al aspirar burbujas provocará cavitación y desgastes.

### **2.2.4.3. Clasificación de los lubricantes**

#### **2.2.4.3.1. Clasificación SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices)**

Se encarga de definir el grado de viscosidad de los lubricantes en función con la temperatura de operación. Según SAE los lubricantes para motor se clasifican en:

##### **a) Aceites monogrado**

Se define a los aceites que tienen solo un grado de viscosidad, pueden ser para invierno o verano, especificando la temperatura en la cual el lubricante cumple con sus funciones. Son utilizados para los cambios de temperaturas que se producen durante el año. Ejemplo: SAE 10W es un aceite de grado bajo para invierno y el SAE 40 es un grado alto para verano.

##### **b) Aceites multigrado**

Mantienen estable la viscosidad del aceite ante cambios bruscos de temperatura, también llegan más rápido a las piezas para lubricarlas aun estando en frío. El arranque del motor en frío es más rápido protegiéndolo del desgaste, todo esto ofrece mayor vida útil al motor. Este aceite es más delgado que el monogrado y ayuda al ahorro de combustible. Por ejemplo, se tiene: SAE 10W-40, la W (Winter o invierno), refleja el desempeño a temperaturas muy bajas y el número (40) que sigue, refleja el grado de viscosidad a temperatura alta de funcionamiento del motor. (DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, 2007)

**Tabla 2.1. Clasificación por viscosidades SAE**

CLASIFICACIÓN POR VISCOSIDAD SAE			
GRADOS SAE	TEMPERATURA MÍNIMA DE UTILIZACIÓN	VISCOSIDAD CINEMÁTICA cSt 100°C	VISCOSIDAD A 100 °C
0 W	-30 °C	3.8	
5 W	-25 °C	3.8	
10 W	-20 °C	4.1	
15 W	-15 °C	5.6	
20 W	-10 °C	5.6	
25 W	-5 °C	9.3	
20		5.6 - 9.3	Fluido
30		9.3 - 12.5	Semifluido
40		12.5 - 16.3	Semifluido
50		16.3 - 21.9	Espeso

*Fuente:* Ingeniero marino (GARCÍA SOUTULLO, 2018)

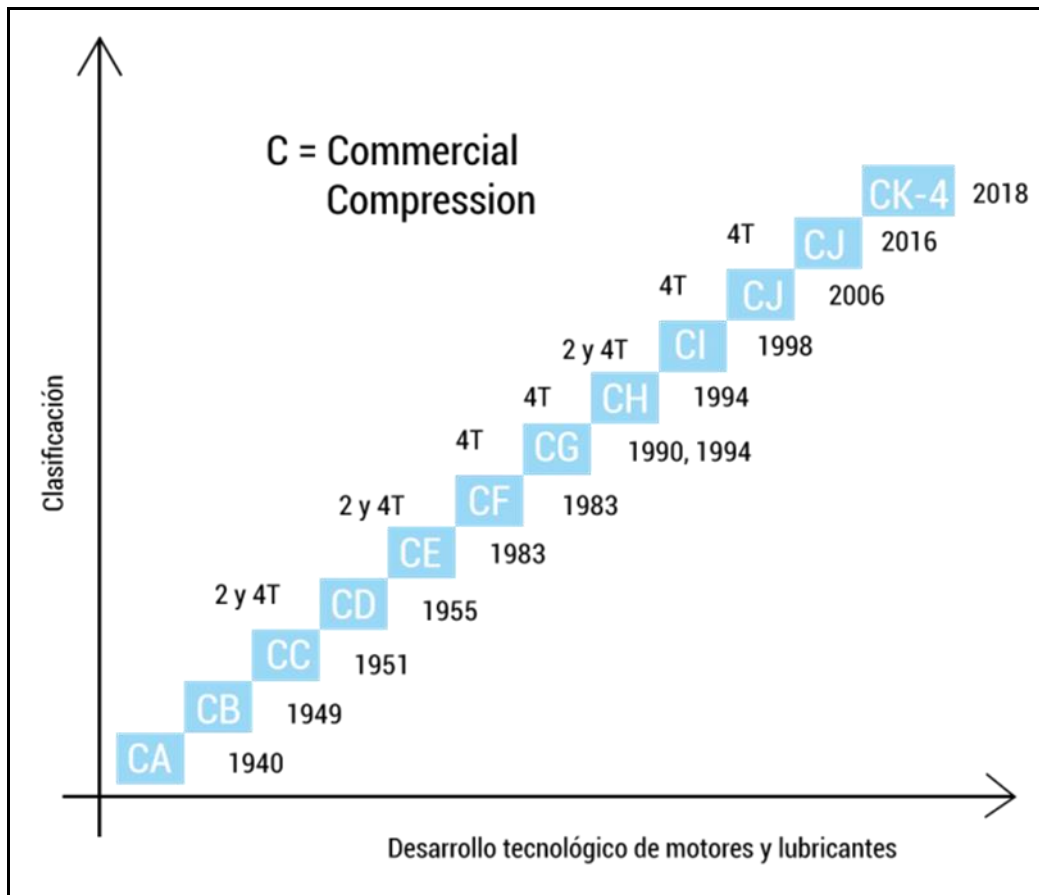
En la tabla se muestra que, si el grado de viscosidad es bajo, entonces el aceite será más delgado, mientras el grado de viscosidad sea alto, el aceite será más grueso.

#### **2.2.4.3.2. Clasificación API (Instituto Americano del Petróleo)**

Esta clasificación es la más usada por los fabricantes de lubricantes. Su disposición se enfoca en estudiar y comparar las características de operación y el tipo de servicio al cual se destina el motor.

Según el Instituto Americano del Petróleo (API), los lubricantes se clasifican por su grado de tecnología de acuerdo al modelo del motor. Su código se puede identificar por dos letras: para aceite de motores a gasolina se utiliza el término «S», mientras para los motores diésel se utiliza el término «C». La letra que sigue indica el grado de especificación o tecnología según las letras del alfabeto. Actualmente se cuenta con la especificación API SN para motores gasolineros y para diésel, la API CK-4. (GARCÍA SOUTULLO, 2018)

En la figura inferior se muestra la especificación API para motores diésel con la letra «C», mientras la otra letra que lo acompaña determina el año de fabricación del motor.



**Figura 2.10.** Desarrollo tecnológico de motores y lubricantes según normas API

**Fuente:** garagegulf.com

De acuerdo a la evolución de los motores y lubricantes según la norma API, la más actual corresponde a la categoría CK-4 año 2018, tal como se muestra en la figura 2.10. Los aceites de esta categoría son muy eficaces, protegen de la oxidación, mantienen su viscosidad por más que exista el cizallamiento.

### **2.2.4.3.3. Clasificación ACEA (Asociación de Constructores Europeos de Automóviles)**

Esta clasificación de aceites se basa en las características de operación y el tipo de trabajo que realizan las máquinas, considerando los recientes ensayos que se realiza a los lubricantes. (RODRÍGUEZ GALBARRO, 2018)

La clasificación ACEA se divide en tres grupos:

- Clase A/B: Para motores a gasolina / Para motores diésel livianos.
- Clase C: Especial para motores con sistema de gases de escape.
- Clase E: Para motores diésel pesados.

En la tabla inferior se determina el nivel ACEA de la clase «E», que es ideal para el tipo de motor y lubricante de nuestro interés.

**Tabla 2.2:** Niveles ACEA para motor diésel de servicio pesado

Nivel ACEA	Año de revisión	Características	Grado SAE	Aplicaciones
E7	2010	Lubricantes con mucha estabilidad. Proporcionan un control de calidad sobre la limpieza de los pistones, camisa de cilindros y estabilidad del lubricante, excelente control de desgastes. Contiene elementos de la especificación API CI-4.	5/10/15W-40	Recomendado para motores diésel de vehículo pesado EURO 1, 2, 3, 4 y 5, trabajando bajo severas condiciones. <b>No se debe utilizar en vehículos equipados con filtro de partículas.</b> Recorridos interurbanos y trabajos de OOPP y agricultura, donde el motor trabaja a altas cargas.
E9	2010	Posee bajos niveles de cenizas sulfatadas, fósforo y azufre. Contiene elementos de la especificación API CJ-4.	5/10/15W-40	Recomendado para motores diésel de vehículo pesado EURO 1, 2, 3, 4, 5 y en algunos casos para motores EURO 6. Adecuado <b>para vehículos con EGR y SCR</b> , catalizador que reduce la presencia de NOx en los gases de escape y filtros de partículas. Recomendado por algunos fabricantes en vehículos equipados con filtros de partículas, especialmente en OOPP y agricultura, donde el motor trabaja a altas cargas.
E4	2010	Lubricante con desempeño ultra súper. Optimiza el consumo de combustible, protege los componentes internos del motor de posibles desgastes.	10W-40	Recomendado para motores diésel de vehículo pesado EURO 1, 2, 3, 4 y 5, trabajando bajo severas condiciones. Adecuado <b>para vehículos, con o sin EGR</b> , que no utilizan filtro de partículas. Recomendado por algunos fabricantes en vehículos equipados con SCR/catalizador que reduce la presencia de NOx en los gases del escape. Normalmente utilizado en flotas de transporte porque permiten largos intervalos de cambio.
E6	2010	Lubricantes con mucha estabilidad. Excelente control de limpieza de los componentes internos del motor. Posee bajos niveles de cenizas sulfatadas, fósforo y azufre.	10W-40	Recomendado para motores diésel de vehículo pesado EURO 1, 2, 3, 4, 5 y 6, trabajando en condiciones severas. Adecuado para los vehículos equipados con EGR, SCR y filtros de partículas. Debe usarse un gasóleo con muy bajo contenido de azufre (Gasóleo A). <b>Normalmente utilizado en flotas de transporte</b> porque permiten largos intervalos de cambio.

Fuente: [blog.totalenergies.es/acea-aceite-motor-calidad](http://blog.totalenergies.es/acea-aceite-motor-calidad)

### 2.2.5. Análisis de aceite

Es una técnica que se emplea para determinar los mantenimientos proactivos y predictivos, es la más utilizada, porque posee grandes beneficios económicos, en esta se

determinan todas las propiedades del lubricante, así como su calidad y clasificación de desempeño. Nos permite ver la contaminación o partículas de desgaste. (GARCÍA SOUTULLO, 2018)

Para aplicar esta estrategia se debe adquirir información que sea suficientemente específica sobre la máquina, según a ello para llegar a conclusiones que serán fundamentales.

De esta manera el análisis de aceite proporciona avisos con anticipación a las fallas o averías, alargando el tiempo de planeación y alternativas de solución a un determinado problema. Normalmente con frecuencia se realizan pruebas pequeñas para sacar conclusiones sobre la máquina y el lubricante. (GARCÍA SOUTULLO, 2018)

Existen 3 categorías importantísimas sobre el análisis del lubricante:

- ✓ **Análisis de las propiedades de los fluidos:** En esta categoría sobre el análisis de aceite se determina las propiedades químicas, físicas y los aditivos.
- ✓ **Análisis de contaminantes:** Las sustancias contaminantes que se introducen dentro de la máquina son materias externas que se encuentran en el medio ambiente o también se generan internamente. La confiabilidad de una máquina es comprometida con la contaminación, esto puede ocasionar pérdidas en las propiedades del lubricante. Con el análisis de aceite se asegura ver el estado del lubricante durante el funcionamiento de la máquina.
- ✓ **Análisis de partículas desgastadas:** Al momento de desgastarse, los componentes del motor generan partículas, estas son muy perjudiciales para la máquina. El seguimiento constante y análisis de partículas facilitan a los técnicos encargados del mantenimiento a verificar algunas condiciones anormales para poder tomar decisiones oportunas con respecto al mantenimiento y reducir desgaste de componentes.

#### **2.2.5.1. Tipos de ensayos que efectúa el laboratorio de análisis de aceite**

El análisis de aceite es una técnica que permite diagnosticar el nivel de contaminación y degradación en las muestras de aceite. Los ensayos que efectúa el laboratorio de análisis de aceite de la empresa SGS del Perú S. A. C. se mencionan a continuación:

##### **2.2.5.1.1. Detección de elementos de desgaste**

Se efectúa por medio del equipo ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo).



Con este tipo de prueba, 22 componentes metálicos son detectados, partículas contaminantes, desgastes y aditivos, éstos son: Fe, Cr, Pb, Cu, Sn, Al, Ni, Ag, Si, B, Na, Mg, Mo, Ti, V, Mn, K, Cd, P, Zn, Ca y Ba.

Cuando estos elementos se mezclan, los componentes pueden presentar desgaste normal como también anormal. Las partículas de desgaste de dichos elementos metálicos se miden en ppm (partes por millón), detectando partículas de un tamaño máximo de 10 micrones.

- **Partículas de desgaste en el análisis de aceite**

Con el tiempo de funcionamiento, los componentes internos del motor se desgastan de apoco provocando complicaciones en motores. En la actualidad, gracias a herramientas predictivas de mantenimiento como el análisis de aceite, se puede medir el nivel de partículas de desgaste de los metales por medio del aceite. Los metales presentes en el motor se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3.** *Partículas Contaminantes en el Aceite de Motor*

METALES	COMPONENTES DE DESGASTE DE MOTOR
Hierro (Fe)	Camisa de cilindros, engranajes, árbol de levas, cigüeñal, bloque, bulones, bomba de aceite, tren de válvulas.
Cromo (Cr)	Anillo de pistón, válvula de escape, cigüeñal, segmentos, camisas, cojinetes de rodillo/bolas.
Plomo (Pb)	Revestimiento de cojinetes de bancada y biela, revestimiento de cojinetes de árbol de levas.
Cobre (Cu)	Bomba de aceite, bujes o cojinetes, pasador de biela, engranajes de sincronizador, cojinetes de empuje.
Estaño (Sn)	Cojinetes de bancada y de biela (recubrimiento trimetálico).
Aluminio (Al)	Cojinetes de biela y de bancada, cojinetes de empuje del cigüeñal, cojinetes de árbol de levas, cojinetes de engranaje de sincronización, pistones, polvo, grasa contaminada.
Silicio (Si)	Entrada de tierra, aditivo antiespumante, residuos catalíticos.
Sodio (Na)	Aditivos del aceite, combustible quemado, condensación, agua.
Potasio (K)	Refrigerante, agua.
Níquel (Ni)	Contaminación de combustibles, cojinetes.

**Fuente:** Tribología, Lubricación Industrial y Automotriz. (DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, 2007)

**2.2.5.1.2. Análisis de la condición del aceite**

Este método de análisis se efectúa por medio del Espectrómetro Infrarrojo, también conocido como FT-IR (Infrarrojo por Transformada de Fourier), localiza las moléculas mediante el haz de la luz infrarroja al nivel de ondas de cada elemento orgánico.

El Análisis Infrarrojo hace una comparación del aceite nuevo con el aceite usado. Con este método de análisis se mide el porcentaje y tamaño de Hollín, Oxidación, Nitración y Sulfatación. Además, detecta la cantidad de Glicol-Combustible y Agua que son medidos en porcentajes.

- a. **Hollín.** Se produce por una mala combustión de aire/combustible, provocando que el aceite de motor se espese y obstruya los filtros. Las causas más probables para la acumulación del hollín son:
  - Uso de combustible de mala calidad
  - Operación a baja temperatura del motor
  - Obstrucción o suciedad en el filtro de aire
  - Inyectores averiados
- b. **Oxidación.** Se llama oxidación a la unión química de las moléculas del aceite con las moléculas del oxígeno, esto hace que el aceite de motor se espese, ocasionando obstrucción de filtros y problemas internos del motor. Las posibles causas son:
  - Temperaturas altas de operación
  - Sustancias contaminantes en el refrigerante de motor
  - Prolongado tiempo de cambio de aceite
  - Existencia de cobre en el aceite
- c. **Nitración.** Los compuestos de nitrógeno se producen durante el periodo de combustión. Frecuentemente ocasiona problemas en motores de gas natural, mientras en los motores diésel se presenta en pequeñas cantidades. Este fenómeno podría causar obstrucción de filtros, acumulación de elementos pesados en los pistones, formación de barnices en pistones y válvulas.
- d. **Sulfatación.** El elemento azufre es muy dañino para los componentes internos del motor y se encuentra generalmente en combustibles. En el proceso de combustión, el azufre del diésel suele combinarse con agua que proviene de la humedad del sistema y formar ácidos. Los ácidos corroen los componentes internos del motor, siendo muy dañino para anillos del pistón, camisas, válvulas y guías de válvulas.

Las posibles causas pueden ser:

- Variación de temperaturas de combustión y ambiente.
- Excesiva presencia de azufre en combustibles.
- Presencia de humedad en depósitos del sistema de lubricación.

## 2.2.5.2. Parámetros y elementos contaminantes de aceites lubricantes

### 2.2.5.2.1. Viscosidad

Uno de los parámetros fundamentales del aceite es la viscosidad. Es la resistencia de un fluido a fluir. Se debe considerar algunos factores al momento de seleccionar el lubricante.

**Tabla 2.4.** *Causas de las Variaciones de Viscosidad*

	<b>Disminución de Viscosidad</b>	<b>Aumento de Viscosidad</b>
Cambios en el aceite base (cambios moleculares)	Ruptura térmica de las moléculas	Oxidación Polimerización Formación de carbón
Adiciones al aceite base (contaminación)	Refrigerante Combustibles Solventes	Hollín Anticongelante Agua Aireación (emulsiones)

**Fuente:** Tomado de Luis Fernando León Lecca (LEÓN LECCA, 2017)

### 2.2.5.2.2. TBN (Total Base Number)

El TBN mide el nivel de reserva alcalina dispuesto a neutralizar ácidos que se forman a lo largo del periodo de combustión. Las posibles causas para que el TBN del aceite sea bajo son:

- Uso de aceites inapropiados
- Contaminaciones metálicas
- Presencia de humedad en el aceite
- Uso de combustibles con alta presencia de azufre
- Sobre calentamientos del motor
- Periodos de tiempo de cambio de aceite muy alargados

### 2.2.5.2.3. Agua

Es uno de los contaminantes destructivos, pero muchas veces por ignorancia se deja de lado como si fuera una sustancia que no produce daños.

Cuando se combina agua con el aceite, es capaz de crear emulsiones que obstruyen los filtros. Además, estos dos elementos producen ácidos muy peligrosos, capaces de corroer el metal.

La presencia de agua en el sistema de lubricación puede ser producto de:

- Fugas internas en el enfriador de aceite
- Condensación en el depósito del aceite

#### **2.2.5.2.4. Dispersancia**

Capacidad que tiene el aceite de conservar dispersos los residuos, evitando que se acumulen. La capacidad de dispersancia de los lubricantes depende del aceite base que contiene, quiere decir que los aceites sintéticos tienen mejor capacidad de dispersancia. Con el tiempo de uso la capacidad del aceite va reduciéndose, debido a la acumulación de gran cantidad de contaminantes dispersados en éste.

#### **2.2.5.2.5. Índice PQ**

Es la cantidad relativa de contenido total de metales ferrosos en una muestra de aceite. Mediante el índice PQ se puede determinar la acumulación del total de partículas de hierro. Dichas partículas ferromagnéticas provienen del hierro, acero o aleaciones ferrosas mayores a 10 micras.

#### **2.2.5.2.6. Contador de partículas**

Método que actúa con una base óptica láser permitiendo determinar mediciones absolutas de las partículas con dos micras en la muestra de aceite.

Estos componentes funcionan según las normas ISO, como la ISO 4406 que detalla el grado de limpieza del aceite con base en tres números:

- El número 1, indica las partículas mayores o iguales a 4 µm.
- El número 2, indica el número de partículas mayores o iguales a 6 µm.
- El número 3, indica el número de partículas mayores o iguales a 14 µm.

#### **2.2.6. Plan de mantenimiento**

Son conjunto de tareas preventivas a realizarse en máquinas, equipos, instalaciones, etc., con la finalidad de cumplir objetivos de disponibilidad, fiabilidad, coste y con el objetivo principal de alargar al máximo la vida útil de equipos, máquinas. (LAS PALMAS DE GRAN, 2002)

Con un plan de mantenimiento se puede reducir las averías imprevistas evitando llegar a fallas críticas o destrucción total de la máquina.

Muchas veces las averías son costosas porque tienden a producir:

- **Costos de reparación:** Gastos en componentes, repuestos, mano de obra, etc.
- **Daños en máquinas o instalaciones:** Llegando a acortar la vida útil de las mismos.

- **Pérdidas de producción:** A consecuencia de averías grandes, la máquina entra en reparación, no produce ningún tipo de ingreso económico. Además, afecta la disponibilidad de la flota vehicular.
- **Riesgo para los usuarios:** En ocasiones las averías podrían provocar accidentes graves, comprometiendo la integridad de los usuarios que se movilizan.

Por ello la ejecución de un plan de mantenimiento es de mucha importancia que permite disminuir los costos e incidencias.

### **2.2.6.1. Tipos de mantenimiento**

#### **a. Mantenimiento correctivo**

Son actividades que se ejecutan cuando las máquinas o equipos presentan fallas o averías con el debido informe al departamento de mantenimiento por los operadores de las máquinas o encargados de verificar el funcionamiento de estas.

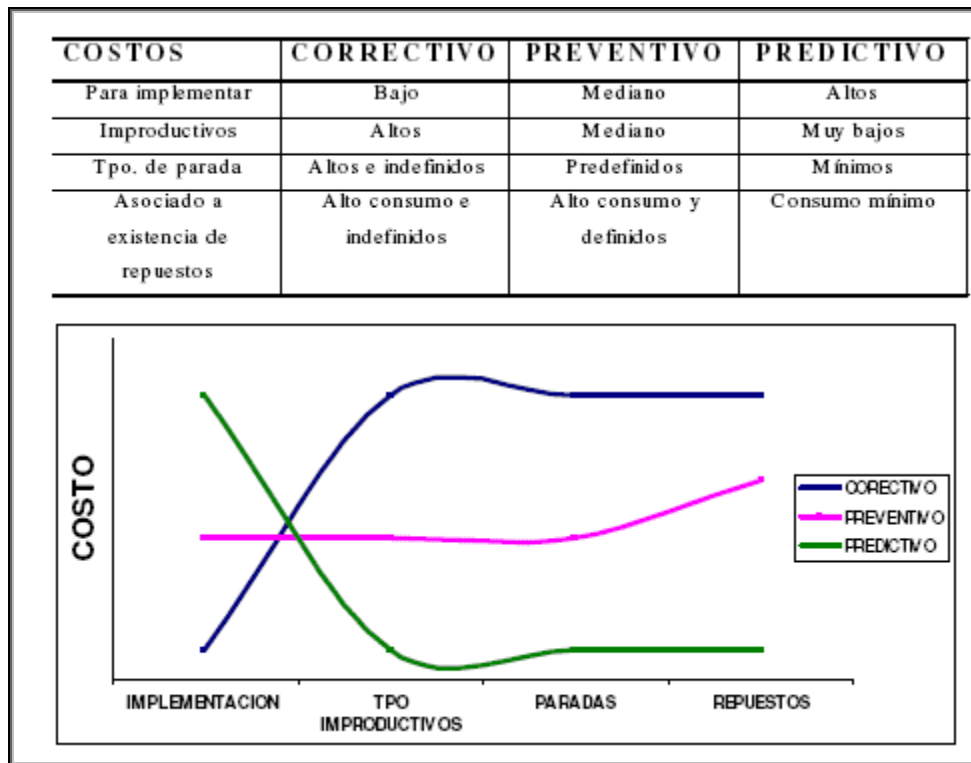
#### **b. Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento tiene como misión conservar en óptimas condiciones a las máquinas, equipos, programando oportunamente las intervenciones en componentes o puntos con mayores averías o vulnerables. La intervención se realiza, aunque la máquina no haya dado señales de alguna avería. Cabe indicar que en la actualidad el mantenimiento predictivo optimiza al mantenimiento preventivo. (LEÓN LECCA, 2017)

#### **c. Mantenimiento predictivo**

Es el monitoreo constante de una máquina y se informa constantemente sobre el estado y funcionamiento de las máquinas, equipos, instalaciones, etc., por medio del conocimiento de valores establecidos sobre la situación y operatividad. Para ejecutar esta clase de mantenimiento, se debe adquirir conocimientos previos sobre los valores establecidos.

Es una técnica que permite pronosticar las posibles fallas de las máquinas, de manera que los componentes se reemplacen, de acuerdo a un cronograma, antes de llegar a fallar. Así, los costos de mantenimiento se reducen, la disponibilidad de la máquina aumenta y la vida útil de los componentes de la máquina se alarga. Actualmente este tipo de mantenimiento se está implementando en las empresas automotrices. (LEÓN LECCA, 2017)



*Figura 2.11.* Comparación de costos con cada tipo de mantenimiento

**Fuente:** <http://mantenimientoindustrial17.blogspot.com/2008/09/mantenimiento-predictivo-y-proactivo.html>

Como se puede apreciar en la Figura 2.11, sobre la comparación de costos con los diferentes tipos de mantenimiento, se observa al mantenimiento predictivo con un alto costo inicial, pero que a largo plazo es el más económico.

#### **d. Mantenimiento proactivo**

Es el mantenimiento básico de una máquina que es realizado por los mismos operadores. Son actividades elementales que se realizan, como: Toma de datos, verificaciones e inspecciones visuales, lubricación, reapriete de tornillos, etc., para lo cual no se necesita un especialista, sino tan solo entrenamiento o capacitación.

#### **e. Mantenimiento cero horas (Overhaul)**

Esta tarea consiste en dejar la máquina como si fuese nueva. En este tipo de mantenimiento se reparan o se reemplazan los componentes producto de desgastes. Es decir, se pretende asegurar, el correcto funcionamiento del equipo por un tiempo prolongado. (LAS PALMAS DE GRAN, 2002)

### **2.2.6.2. Principios para elaborar un plan de mantenimiento**

- Determinar los objetivos, metas que se quiere lograr.
- Definir las unidades vehiculares críticas, para darles prioridad a estas. Pero el plan de mantenimiento se aplicará a toda la flota vehicular.
- Revisar los mantenimientos previos realizados a las unidades vehiculares, el historial de mantenimiento. Qué sistemas o componentes presentaron más averías y con qué frecuencia ocurrieron.
- Consultar los manuales, es necesario conocer las especificaciones y recomendaciones que da el fabricante.
- Ejecutar un cronograma de actividades (plan de mantenimiento) a realizar con el apoyo de algunas estrategias, herramientas, etc.
- Aplicar el plan de mantenimiento a la flota vehicular.
- Hacer seguimiento posimplementación del plan de mantenimiento sobre la correcta aplicación.

### **2.2.6.3. Estrategias para el análisis de fallas**

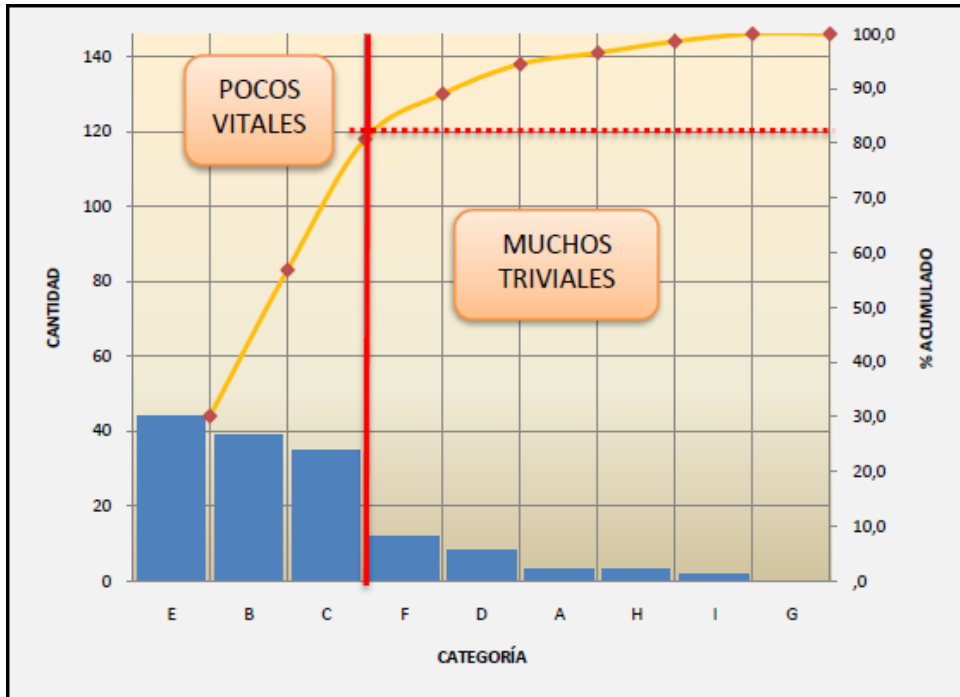
Mediante el análisis de fallas se puede determinar la causa raíz que origina la problemática en máquinas, equipos, sistemas, etc. Los análisis de fallas son estrategias que se aplican para solucionar problemas, además de prevenir y corregir fallas optimizando la disponibilidad de los sistemas o máquinas. Los métodos más usados son: Diagrama de Pareto y Diagrama de causa efecto de Ishikawa.

#### **2.2.6.3.1. Diagrama de Pareto**

Es una herramienta que ayuda a clasificar mediante gráfica los valores de un problema, de acuerdo al nivel de importancia e identificar la causa raíz para dar solución al problema.

El principio de Pareto se efectúa mediante la regla 80/20, es decir, el 80 % de averías de un sistema o máquina son producto de un 20 % de causas posibles para su fallo.

Pocos vitales, muchos triviales quiere decir, muchas averías insignificantes frente a pocas averías muy significantes.

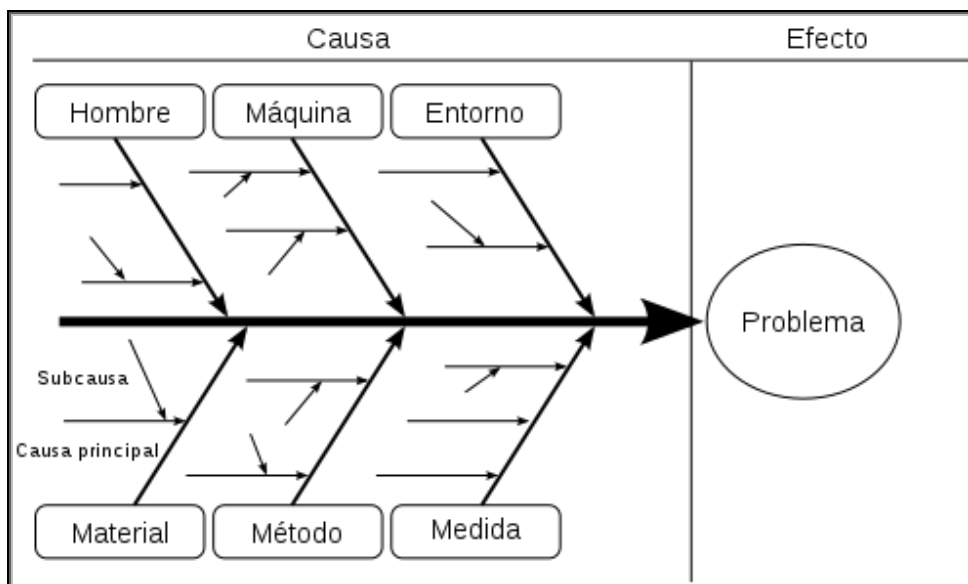


**Figura 2.12.** Diagrama de Pareto

**Fuente:** <https://docplayer.es/26906201-Aplicacion-de-la-metodologia-analisis-causa-raiz-rca-para-la-eliminacion-de-un-mal-actor-en-equipos-criticos-de-la-som-ecopetrol-s.html>

### 2.2.6.3.2. Diagrama de causa efecto de Ishikawa o método del pescado

Es una herramienta que se representa mediante una gráfica, permite visualizar las causas y subcausas de los factores involucrados a producir un problema (efecto) e identificar soluciones, decisiones acertadas para la mejora de tal problema.



**Figura 2.13.** Diagrama de Ishikawa.

**Fuente:** [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa)



### **2.2.7. Indicadores de mantenimiento**

Los indicadores de mantenimiento son criterios fundamentales que proveen la información necesaria sobre una causa crítica que fue identificada durante los procedimientos de mantenimiento y producción dentro de una operación o industria. A continuación, mencionamos los indicadores más imprescindibles dentro de la rama de mantenimiento. (GALARZA MENDOZA, 2017)

#### **2.2.7.1. Tiempo medio entre falla, TMBF (Mid Time Between Failure)**

Tiempo promedio de operación de una máquina sin paradas ni interrupciones, es decir tiempo de funcionamiento de la máquina después de haberle ejecutado el mantenimiento correctivo y preventivo.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

#### **2.2.7.2. Tiempo medio hasta la reparación, MTTR (Mid Time To Repair)**

Tiempo promedio que se necesita para que la máquina regrese a condiciones aptas para entrar nuevamente en operación después de una falla.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo para reparar}}{\text{Número de fallas}}$$

#### **2.2.7.3. Disponibilidad**

Es el indicador más importante a tener en cuenta dentro del gestión de mantenimiento, ya que determina la facultad de producción. Se explica como una posibilidad de que la máquina este apta para entrar en operación durante un tiempo especificado, es decir que no presente averías ni paradas. (GALARZA MENDOZA, 2017)

La disponibilidad se define con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

Donde:

D: Disponibilidad

T<sub>o</sub>: Tiempo total de operación

T<sub>p</sub>: Tiempo total de parada

La fórmula mostrada es la definición natural de disponibilidad; sin embargo, también suele definirse de forma práctica mediante el tiempo medio entre fallas y reparaciones, que nos permitirá entender toda la información de las máquinas. Se muestra la fórmula práctica:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

D: Disponibilidad

MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio hasta la reparación

### 2.2.8. Costos de mantenimiento

Es el precio que se paga por concepto de actividades realizadas como reparaciones, instalaciones, inspecciones, etc., con la finalidad de conservar la máquina, además de alargar su vida útil.

Los costos directos se relacionan con las operaciones de mantenimiento, como son: Costos administrativos, mano de obra, repuestos, etc., que son los principales factores que afectan la productividad económica de la empresa.

Se podría clasificar los costos de mantenimiento de la siguiente manera:

- **Costos fijos.** Representan a los recursos humanos, herramientas y equipos útiles para ejecutar el mantenimiento preventivo, predictivo.
- **Costos variables.** Representa a los recursos humanos, herramientas y equipos, asociado a la variabilidad de la productividad para ejecutar los mantenimientos correctivos.
- **Costos Financieros.** Representa al costo total de stock de repuestos para el recambio.
- **Costos de fallo.** Representa la pérdida del valor económico de la empresa, por factor de mantenimiento cuando la máquina entra en parada prolongada.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Motor.** Máquina que transforma la energía química en energía mecánica para efectuar un trabajo.
- **Pistón.** Es una pieza que se aloja dentro del cilindro de motores de combustión interna.
- **Cigüeñal.** Es un componente del motor de combustión interna que convierte los movimientos lineales alternativos del pistón.

- **Bloque motor.** Principal componente del motor y es de fundición hierro o aluminio, internamente se alojan otros componentes como el cilindro y el soporte de apoyo del cigüeñal.
- **Biela.** Es un componente del motor que transforma los movimientos rectilíneos en movimientos de rotación o viceversa.
- **Culata.** Cierra al monoblock por la parte superior, en ella se alojan las válvulas y cierra la cámara de combustión.
- **Cojinetes.** Son puntos de apoyo de ejes, sostienen y guían en su rotación reduciendo el rozamiento.
- **Anillos o segmentos.** Son aros de forma circular y abierta que se sitúan en acanaladuras apropiadas y ubicadas en la parte superior del pistón.
- **Válvulas.** Las válvulas de admisión y escape regulan la entrada y salida de los gases a la cámara de combustión de un motor.
- **Árbol de levas.** - Mecanismo que está constituido mediante un eje, en este se alojan diversas levas y poseen de diferentes diseños y dimensiones.
- **Análisis.** Es un examen microscópico que se realiza a partículas pequeñas que son contaminantes.
- **Mantenimiento.** Son actividades como inspecciones, reemplazos, lubricación, etc., que son muy importantes para que una máquina opere correctamente.
- **Lubricante.** Son sustancias que se interponen entre dos cuerpos en movimiento para reducir desgaste de componentes.
- **Tribología.** Ciencia que se encarga de estudiar la fricción, el desgaste y la lubricación que son ocasionados al momento del contacto entre superficies sólidas en movimiento.
- **Transporte.** Unidad vehicular que se encarga del traslado de personas o mercancías a diferentes lugares.
- **Vehículo.** Es una máquina destinada al transporte de personas o mercancías.
- **Aceite.** Es una sustancia de diferentes orígenes, se constituye mediante hidrocarburos derivados del petróleo crudo, animales y vegetales.
- **Desgaste.** Es la pérdida de material de la interface de dos cuerpos.
- **Disponibilidad.** Posibilidad de una máquina para operar sin problemas.
- **Costos.** Gasto económico solventado para conservar la máquina.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Métodos y alcance de la investigación**

En esta investigación se utiliza el método inductivo en el que se procesa y analiza la información obtenida del análisis de aceite. Con la información adquirida se interpretará los resultados, en otros términos, el procedimiento inicia con la información adquirida y logra finalizar en una teoría, por consiguiente, podemos afirmar que va de lo particular a lo general. (LEÓN LECCA, 2017)

El nivel de investigación corresponde al aplicativo, porque se pretende mejorar o resolver problemas de costos de mantenimiento y disponibilidad de la flota vehicular, implementando un plan de mantenimiento basado en la técnica del análisis de aceite.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

Este estudio es de diseño experimental, ya que está orientado a optimizar los costos de mantenimiento y disponibilidad de la máquina, a través de la implementación de un plan de mantenimiento a partir de los resultados de los análisis de aceite y a partir ello determinar el estado de operación del motor de los minibuses de la flota vehicular de la empresa Los Leones S. A.

Cabe mencionar que en la investigación experimental el investigador manipula la naturaleza del estudio. Ocurre un cambio, un antes y un después. Entonces profundizando más aún el tema, se aplicará el estudio Pre experimental (preprueba - posprueba), porque de toda la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A., se tomó al azar una cierta cantidad de minibuses para el correspondiente muestreo de aceite; enseguida, teniendo los resultados del análisis de aceite, estos se interpretaron para después elaborar y aplicar el plan de mantenimiento, por último se obtuvieron nuevos resultados de análisis de aceite de los minibuses en prueba, todo esto optimiza los costos de mantenimiento y disponibilidad mecánica de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco. (LEÓN LECCA, 2017)

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población, como objeto de estudio, está compuesta por la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco, que pertenece al conjunto de empresas de transporte de pasajeros del servicio urbano en la provincia de Cusco. La empresa tiene minibuses de la marcas Mitsubishi (Fuso) y Hyundai (County). La cantidad de minibuses que forman parte de la empresa es de 46 unidades vehiculares que están al servicio de la población.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra está conformada por 8 minibuses del total que posee la empresa Los Leones S. A., estas unidades vehiculares equivalen al 17% aproximadamente del total, este porcentaje es aceptable para realizar el estudio de investigación de la flota vehicular. Del conjunto de unidades vehiculares con antigüedad de 5 años se tomó al azar las 8 muestras para el análisis de aceite correspondiente, considerándose ésta como probabilística, cabe mencionar que la distancia de recorrido de los vehículos es aproximadamente de 55 km.

Las tomas de muestra se realizarán en dos etapas. En la primera, llamada «preprueba» se tomará ocho muestras de aceite para el análisis, con la finalidad de determinar el estado de aceite del motor. En la segunda etapa llamada «posprueba», se tomará otras ocho muestras de aceite a los mismos minibuses en prueba y se someterá a un seguimiento estricto con la finalidad de obtener resultados verídicos y satisfactorios.

El éxito del análisis de aceite comienza con un muestreo apropiado, teniendo en cuenta tres objetivos principales que son: incrementar el nivel de veracidad de los datos, minimizar la distorsión de los datos y frecuencia correcta. Para ello son muy importantes algunas consideraciones tales como: localización del puerto de muestreo, procedimiento del muestreo, equipo para tomar la muestra y la botella para la toma de muestra.

Con los resultados obtenidos del análisis de aceite, se procedió a implementar un plan de mantenimiento con el propósito de optimizar costos de mantenimiento y disponibilidad de la flota de minibuses, además de alargar la durabilidad de los componentes del motor, reduciendo paradas innecesarias, beneficiando directamente a los propietarios de los minibuses.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

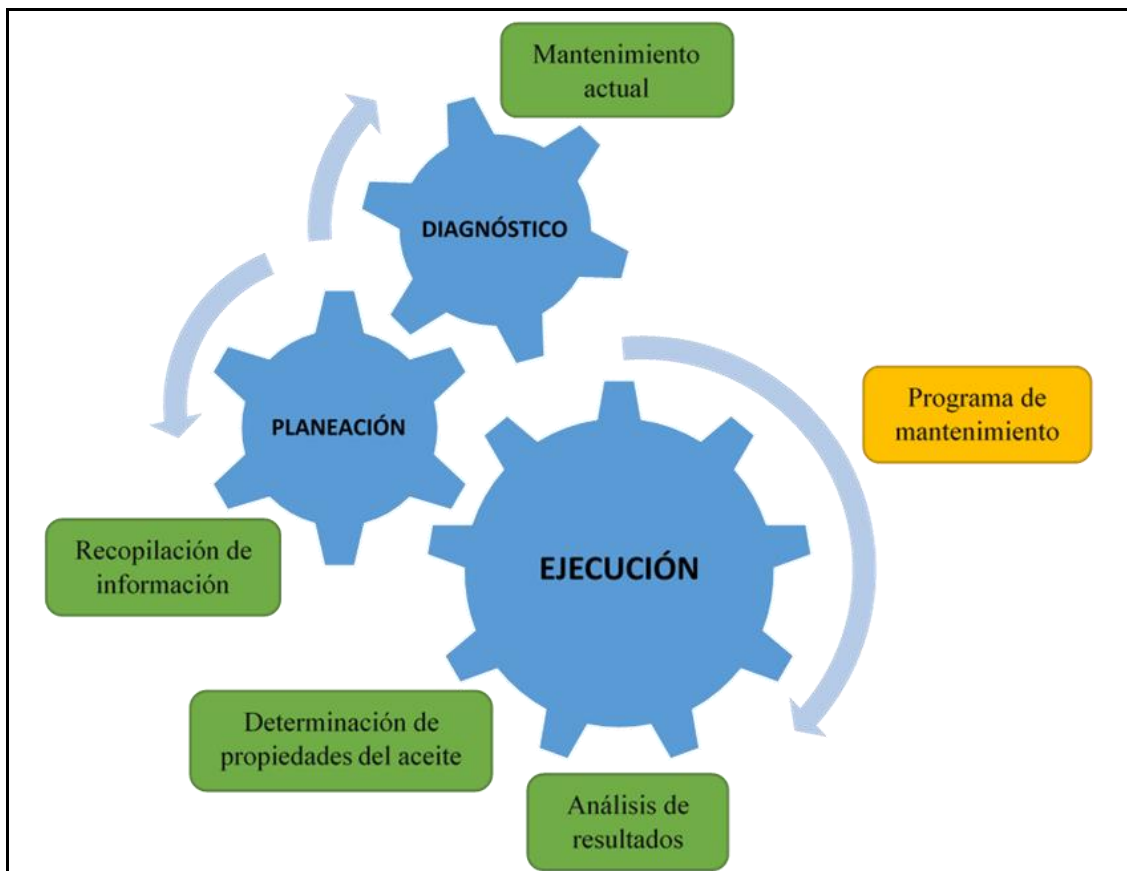
#### 3.4.1. Instrumentos de recopilación de datos

Para esta investigación se aplicaron instrumentos de recopilación de datos sobre el mantenimiento de cada minibús con el apoyo de los conductores y propietarios de las unidades motrices, logrando obtener información valiosa. Dichos instrumentos son:

- ✓ Los reportes diarios de los conductores
- ✓ Reporte de actividades ejecutadas
- ✓ El historial de la unidad vehicular
- ✓ Periodo de parada de máquina por averías
- ✓ Antecedentes al proyecto (tesis o informes)
- ✓ Informaciones de internet, manuales de mantenimiento, etc.

#### 3.4.2. Etapas para el desarrollo del proyecto de investigación

La metodología se basa en tres etapas fundamentales, donde se aplican técnicas y estrategias con la finalidad de lograr los resultados esperados.



*Figura 3.1.* Etapas de la metodología de investigación

**Fuente:** Tomado de Jorge Andrés Quintero Manzano. (QUINTERO MANZANO, 2017)

A continuación, se describe cada una de las etapas.

#### **3.4.2.1. Diagnóstico**

- Recopilar información de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco.
- Recopilar información del tipo de lubricante que utiliza la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco.
- Diagnosticar el estado actual de mantenimiento de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco.

#### **3.4.2.2. Planeación**

- Establecer alternativas a emplear para la evaluación del aceite de motor con respecto a los kilometrajes de recorrido con base en los mantenimientos actuales de los minibuses de la empresa Los Leones S. A. – Cusco.
- Determinar los minibuses en prueba para realizar muestras del análisis de aceite.
- Definir las estrategias de mantenimiento que se aplicarán para lograr los resultados esperados.

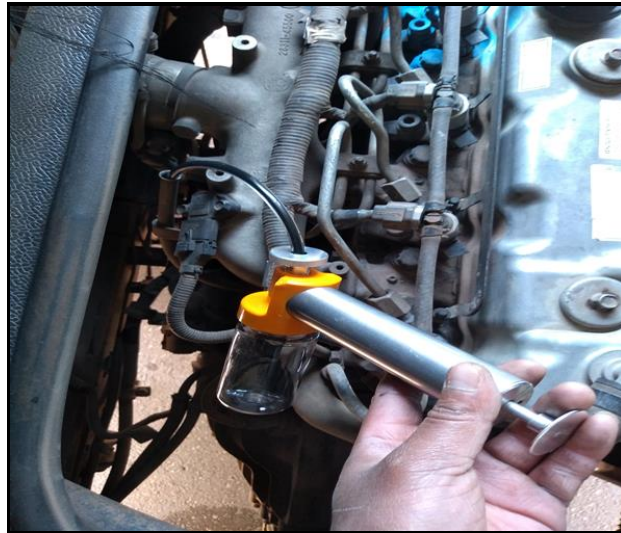
#### **3.4.2.3. Ejecución**

- Realizar las tomas de muestras de aceite del motor a los minibuses indicados de la empresa Los Leones S. A. – Cusco.
- Enviar las muestras de aceite al laboratorio para su análisis correspondiente.
- Interpretar los resultados obtenidos de las muestras de los diferentes ensayos de laboratorio.
- Implementar un plan de mantenimiento para la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A., con la finalidad de optimizar costos de mantenimiento y disponibilidad.

### **3.4.3. Procedimiento de ejecución de muestras de aceite para el análisis**

#### **3.4.3.1. Toma de muestras**

En este punto se extrae la muestra de aceite del motor para enviar al laboratorio para su análisis correspondiente. La extracción se realiza por el tubo de la varilla medidora de aceite, por medio de una bomba extractora tipo vampiro unida a una botella conectada con una manguera transparente de diámetro pequeño.



*Figura 3.2.* Extracción de Muestra de Aceite

### 3.4.3.2. Llenado de datos

En este formato se describe todos los datos necesarios de la unidad vehicular que solicita el laboratorio SGS. Esta información es confidente respecto de cada unidad vehicular y se debe tomar muy cuidadosamente para obtener resultados originales.

N°		N° de etiqueta SGS	Equipo	Marca	Modelo	Chasis	Serie	Placa	Componente	Cap. (Gal.)	Nombre de Aceite	Kms (Equipo)	Fecha de muestreo dd/mm/yyyy	Localidad / Sucursal
6			MOTOR	HYUNDAI	COUNTY	MINIBUS	D4DD	C6M	ACEITE MOTOR	2,5 gal.	MOBIL DELVA	288780	18/10/21	USCO

*Figura 3.3.* Formato de Llenado de Datos

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

### 3.4.3.3. Análisis en laboratorio

El laboratorio analiza y determina los diferentes tipos de contaminantes que contiene el aceite usado. El procedimiento se realiza por diferentes métodos para obtener resultados de diferentes escalas según el tipo de contaminantes. Es muy importante mencionar que SGS del PERÚ S. A. C cuenta con herramientas sofisticadas, calibradas y personal altamente calificado para realizar cada prueba de análisis.





**Figura 3.4.** Prueba de conteo de partículas

**Fuente:** SGS del PERÚ S. A. C.

#### 3.4.3.4. Definir límites condenatorios

Los límites condenatorios son proporcionados por el laboratorio SGS del Perú S. A. C, dichos límites son extraídos de la base de datos y aquellos establecidos por los fabricantes. La tabla de los límites condenatorios nos sirve para comparar con los resultados del análisis de las muestras de aceite, si el porcentaje o cantidad de contaminantes se encuentran dentro de los límites establecidos o no. La empresa SGS del PERÚ S. A. C, para garantizar la calidad de sus servicios es evaluada constantemente por organizaciones nacionales e internacionales, teniendo la capacidad de adaptarse a los requerimientos específicos de cada cliente, respaldados por normativas (Ver anexo).

**Tabla 3.1.** Límites Condenatorios

Límites condenatorios	Normal	Preventivo	Crítico
% Hollín	0 - 1.79	1.8 - 2.79	$\geq 2.8$
Hollín A/0.1mm	0 - 1.59	1.6 - 1.79	$\geq 1.8$
Sulfatación A/0.1mm	0 - 0.19	0.2 - 0.29	$\geq 0.3$
Nitración A/0.1mm	0 - 0.19	0.2 - 0.29	$\geq 0.3$

**Fuente:** SGS del Perú S. A. C.

#### 3.4.3.5. Diagnosticar contaminantes del lubricante

Definir los tipos de contaminantes que presentan los aceites de las muestras tomadas. Aquí se determina las posibles causas que ocasionan la degradación o contaminación del lubricante.



**Figura 3.5.** Contaminantes del Lubricante

**Fuente:** blog.atten2.com

### 3.4.3.6. Emitir el informe del laboratorio

El laboratorio emite un informe con los resultados de las muestras de aceites analizadas de cada unidad vehicular.

Karla Carquin Teléfono: +51015171900 <a href="https://sofia.sgs.com">https://sofia.sgs.com</a>	<b>EQUIPO</b> N° Registro: <b>01794001/AMOT</b> Descripción Equipo: <b>4ITSUBISHI FUSO / MF-100 / MINIBUS / 4D34M61213</b> Descripción Componente: <b>MOTOR</b>	<b>MUESTRA</b> Muestra: <b>JA341906</b> Fecha Muestreo: <b>23/11/2021</b> Fecha de recepción: <b>01/12/2021</b> Lubricante: <b>MOBIL DELVAC MX 15W40</b>
Contraseña internet: SY000347	N° flota: <b>CUSCO - LOS LEONES</b> Ref ID: <b>X1K950</b>	Conjunto de ensayos: <b>ELPE+WPI</b>
<b>Diagnostico 03/12/2021</b>	1. SALUD: Viscosidad dentro del rango de servicio. Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACION: No hay evidencia de contaminación. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Verificar el nombre del aceite lubricante para una correcta interpretación de los resultados. Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.	
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	TBN mg KOH/g	7.12      8.20
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>		
Hierro (Fe), ppm	7.8	13
Cromo (Cr), ppm	0.5	1.1
Plomo (Pb), ppm	0.3	0.8
Cobre (Cu), ppm	0.2	0.9
Estaño (Sn), ppm	0.0	0.1

**Figura 3.6.** Informe del Laboratorio. (ver anexo)

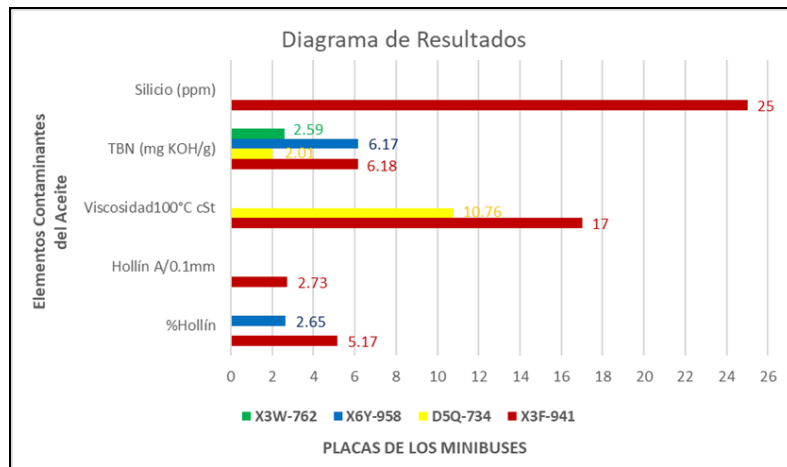
**Fuente:** SGS del Perú S. A. C.

### 3.4.3.7. Interpretar los resultados

En el informe final, el laboratorio emite los resultados de las muestras del análisis de aceite. Para interpretar correctamente los resultados de las muestras, se necesita un especialista con conocimiento de:

- Lubricantes: Propiedades (viscosidad a 100°C cSt), características, etc.
- Cantidad de TBN mg KOH/g.
- Agua, líquido refrigerante (aditivos).
- Metales de desgaste: Materiales de fabricación de los componentes internos del motor (hierro, cobre, aluminio, cromo, plomo, etc).
- Hollín, oxidación, Nitración y sulfatación.

- Historial de los equipos (tipo de lubricante que usa, tipos de fallas, averías más comunes, etc).
- Contar con la tabla de los límites condenatorios (capacidad de interpretación).



**Figura 3.7.** Interpretación de Resultados

### 3.4.3.8. Establecer acciones de mantenimiento

Una vez interpretado los resultados de las muestras, se aplicarán acciones, estrategias, etc., con la finalidad de proteger a la máquina de posibles daños.



**Figura 3.8.** Acciones de Mantenimiento.

**Fuente:** apser.es


### 3.4.4. Procedimientos de extracción de muestras de aceite y etiquetado

Se tomará muestras de aceite del cárter por el tubo de la varilla medidora del nivel aceite. Procedimientos para la toma de muestra:

- La máquina debe estar a temperatura normal de operación.

- El contorno donde se aloja la varilla debe estar limpio y retirarse cuidadosamente, porque se encontrará caliente.
- Debe tomarse como guía la longitud de la varilla para obtener una medida exacta de la manguera y también tomarse en consideración la capacidad de la bomba extractora. Una de las puntas de la manguera se introducirá por el orificio de alojamiento de la varilla con un corte en diagonal, además no debe tocar la superficie del cárter.
- La manguera se tiene que colocar en la bombita de extracción y que una pequeña medida de la manguera sobresalga dentro de la botella para la muestra.
- Se coloca la botella en la bomba atornillándola herméticamente.
- Con el motor recién apagado, se introduce la manguera mediante el tubo de alojamiento de la varilla.
- Se debe posicionar la bombita extractora verticalmente y se acciona el pistón hasta que empiece a fluir el aceite hacia la botella. Tomar la medida de 150 ml (capacidad de la botella).
- Se debe limpiar el aceite impregnado en la manguera antes de retirar la bombita extractora para prevenir de contaminantes.
- Enseguida se debe quitar la manguera de la bombita extractora y colocar la varilla medidora en su sitio, asegurándose de que no ingresen contaminantes al depósito.
- Registrar la muestra tomada y enviar a un laboratorio certificado, además realizar una descripción en la etiqueta de las muestras tomadas para posteriores análisis.

Tabla 3.2. Formato de llenado de datos de las muestras

 <b>FORMATO CONTROL DE ENVIO DE MUESTRAS</b> <b>ACEITES LUBRICANTES</b>																
INFORMACION GENERAL DEL CLIENTE																
Cliente ó Razón Social		LOS LEONES S.A.														
Actividad		TRANSPORTE DE PASAJEROS							RUC							
Dirección:		TIPÓN - OROPESA							Ciudad		CUSCO		Provincia:		CUSCO	
Persona Contacto Cliente:		OMAR DELGADO DAZA							Cel		915105405		Email:		<a href="mailto:Celestegarci90@gmail.com">Celestegarci90@gmail.com</a>	
*Nota : Los encabezados color naranja es información necesaria para el ingreso de la muestra.																
Nº	Nº de etiqueta SGS	Equipo	Marca	Modelo	Chasis	Serie	Placa	Componente	Cap. (Gal.)	Nombre de Aceite	Kms (Equipo)	Fecha de muestreo dd/mm/yyyy hh:mm	Localidad / Sucursal	Observaciones		
1	Nº 1793978	MOTOR	MITSUBISHI FUSO	MF-100	MINIBUS	4D34N68209	X6Y958	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	250120	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
2	Nº 1793987	MOTOR	MITSUBISHI FUSO	ROSA	MINIBUS	4M50D82305	X3F941	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	302610	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
3	Nº 1793991	MOTOR	HYUNDAI	COUNTY	MINIBUS	D4ALA442160	A5Z796	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	325122	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
4	Nº 1793993	MOTOR	MITSUBISHI FUSO	ROSA EURO	MINIBUS	4M50D79511	X3B787	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	320111	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
5	Nº 1793995	MOTOR	HYUNDAI	COUNTY	MINIBUS	D4DDC517428	D5Q734	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	309112	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
6	Nº 1793997	MOTOR	HYUNDAI	COUNTY	MINIBUS	D4DDD548974	C6M968	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	288480	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
7	Nº 1793999	MOTOR	HYUNDAI	COUNTY	MINIBUS	D4DDD546221	X3W762	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	379420	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
8	Nº 1794001	MOTOR	MITSUBISHI FUSO	MF-100	MINIBUS	4D34M61213	X1K950	ACEITE MOTOR	2.5 G	MOBIL DELVAC MX-15W40	525910	18/10/2021	CUSCO	NINGUNO		
OBSERVACIONES DEL CLIENTE																

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

### 3.5. Límites preventivos según laboratorio SGS del PERÚ S. A. C.

Los límites condenatorios tanto preventivos como críticos serán facilitados por la empresa SGS del Perú S. A. C., la cual se detalla en las siguientes tablas:

**Tabla 3.3.** Límites establecidos para análisis infrarrojo

Límites condenatorios	Normal	Preventivo	Crítico
% Hollín	0 - 1.79	1.8 - 2.79	$\geq 2.8$
Hollín A/0.1mm	0 - 1.59	1.6 - 1.79	$\geq 1.8$
Sulfatación A/0.1mm	0 - 0.19	0.2 - 0.29	$\geq 0.3$
Nitración A/0.1mm	0 - 0.19	0.2 - 0.29	$\geq 0.3$

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 3.4.** Límites establecidos para Análisis Físico Químicos

Viscosidad 100°C cSt	Baja: <12.4	Normal: 12.4 - 17	Alta: >17
TBN mgKOH/g	Baja: <6.90	Normal: 6.90 - 11.50	

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 3.5.** Límites establecidos para Análisis Espectrofotométrico

Límites condenatorios	Normal	Preventivo	Crítico
Hierro (Fe), ppm	0 - 69 ppm	70 - 99 ppm	$\geq 100$ ppm
Cromo (Cr), ppm	0 - 9 ppm	10 - 14 ppm	$\geq 15$ ppm
Plomo (Pb), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	$\geq 30$ ppm
Cobre (Cu), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	$\geq 30$ ppm
Estaño (Sn), ppm	0 - 4 ppm	5 - 9 ppm	$\geq 10$ ppm
Aluminio (Al), ppm	0 - 9 ppm	10 - 19 ppm	$\geq 20$ ppm
Silicio (Si), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	$\geq 30$ ppm
Sodio (Na), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	$\geq 30$ ppm
Potasio (K), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	$\geq 30$ ppm

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

Las tablas de los límites condenatorios nos permitirán determinar el rango que representan los valores según los resultados de las muestras del análisis de aceites realizadas.

### 3.6. Parámetros de evaluación de cantidad de partículas de aceite según norma ISO 4406: 17.

La norma ISO 4406:17 es la más actualizada. En esta se detalla el código que debe utilizarse para determinar el porcentaje de partículas en los fluidos (aceites) utilizados en sistemas de transmisión, sistemas hidráulicos y sistema del motor. El código tiene como

objetivo sintetizar los informes con datos de conteo de partículas, transformando las cantidades de partículas en códigos grandes, es así que la suma de un código permitirá que se duplique el grado de contaminación.

La norma ISO (2017), indica el volumen de partículas que se analizan según los códigos:  $\geq 4\mu\text{m}$ ,  $\geq 6\mu\text{m}$  y  $\geq 14\mu\text{m}$ , las partículas se miden con el instrumento llamado contador de partículas. Como se mencionó con anterioridad, el conteo de partículas puede variar por muchos factores e incluso la obtención de las muestras, la exactitud de conteo de partículas, la botella para la muestra y la limpieza de la misma. (COLÍNDRES VELASQUEZ, 2019)

Los códigos para medir niveles de contaminación muestran tres escalas que facilitan la distinción sobre la cantidad y la estructuración de dichas partículas.

- El 1.er número indica las partículas iguales o mayores a  $4\mu\text{m}$ .
- El 2.º número indica las partículas iguales o mayores a  $6\mu\text{m}$ .
- El 3.er número indica las partículas iguales o mayores a  $14\mu\text{m}$ .

Los números de escala se designan según a la cantidad de partículas obtenidas por mililitro de fluido de las muestras. En la siguiente tabla se detalla los números de escala de las partículas.

**Tabla 3.6.** Escala para conteo de partículas por ml

Número de escala	Número de partículas por mililitro de fluido	
	Más que	Hasta e incluyendo
>28	2500000	
28	1300000	2500000
27	640000	1300000
26	320000	640000
25	160000	320000
24	80000	160000
23	40000	80000
22	20000	40000
21	10000	20000
20	5000	10000
19	2500	5000
18	1300	2500
17	640	1300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5

Fuente: ISO 4406:17

Según señala la norma, se debe tomar los números secuencialmente en cada volumen de partículas, de acuerdo al orden: 4µm, 6µm y 14µm.

**Ejemplo:** El siguiente código 20/17/14 equivale a tener:

- Más de 5 000 e incluso hasta 10000 partículas iguales o mayores a 4µm.
- Más de 640 e incluso hasta 1300 partículas iguales o mayores a 6µm.
- Más de 80 e incluso hasta 160 partículas iguales o mayores a 14µm.

Todos estos para un mililitro de muestra.



## CAPÍTULO IV

### 4. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITE EN MINIBUSES DE LA EMPRESA LOS LEONES S.A. – CUSCO

#### 4.1. Situación actual de mantenimiento de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A.

La flota vehicular de la empresa Los Leones S. A., tiene la responsabilidad de transportar a gran cantidad de usuarios que esperan movilizarse a sus destinos. Esto indica que sería muy perjudicial si alguna unidad vehicular fallara y entre en parada por tiempo prolongado, porque afectaría directamente la disponibilidad de la flota y conllevaría altos costos en reparación. A continuación, se describe las averías más reportadas por los conductores de la flota vehicular.

**Tabla 4.1.** Principales Averías Reportadas con Frecuencia

n.º ÍTEM	AVERÍAS REPORTADAS CON MAYOR FRECUENCIA	n.º MINIBUSES
1	Consumo de aceite del motor	12
2	Presión baja del aceite de motor	9
3	Presión elevada del aceite de motor	8
4	Consumo de combustible	14
5	Pérdida de potencia	9
6	Problema de inyectores	5
7	Averías de los sensors	8
8	Consumo de refrigerante del motor	7
9	Chillido de frenos	7
10	Emisión de humo excesivo	5
11	Cambios duros	4
12	Embrague duro	3
13	Golpes en la suspensión	3

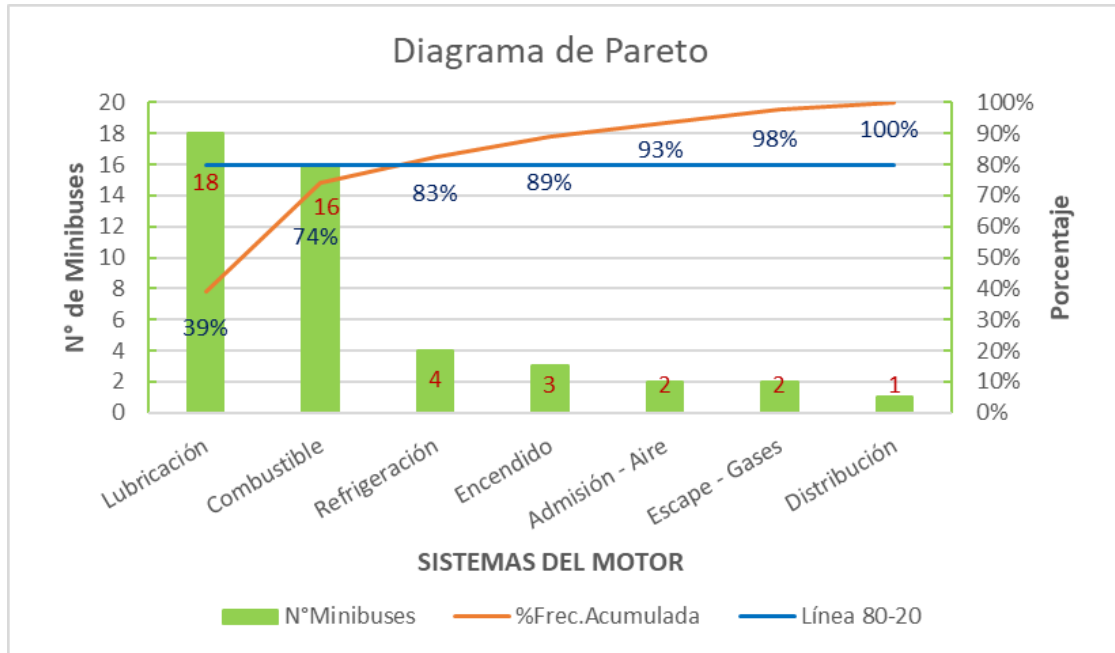
Según el análisis de los datos de la Tabla 4.1, el sistema del motor es el que presenta mayor índice de averías, por lo tanto, es el punto crítico a estudiar para dar alternativa de solución.

Nos enfocaremos en los sistemas del motor por ser el punto crítico y para ello tenemos las averías más comunes que reportaron los conductores de ese sistema de la flota vehicular. A continuación, se detalla.

**Tabla 4.2.** *Sistemas de motor con mayor índice de fallas*

SISTEMAS	n.º Minibuses	% Frecuencia	% Frec. acumulada	Línea 80-20
Lubricación	18	39.13	39.13	80.00
Combustible	16	34.78	73.91	80.00
Refrigeración	4	8.70	82.61	80.00
Encendido	3	6.52	89.13	80.00
Admisión - Aire	2	4.35	93.48	80.00
Escape - gases	2	4.35	97.83	80.00
Distribución	1	2.17	100.00	80.00
<b>Total</b>	<b>46</b>			

En la Tabla 4.2, se observa un nuevo reporte de averías de la cantidad de minibuses con fallas en cada sistema, siendo el sistema de lubricación el que resulta con mayor número de averías. De hecho, los conductores con experiencias diarias conocen las anomalías o las incomodidades que pasan durante la operación, por ello son muy importantes los reportes diarios de los conductores, por lo que es un punto de partida para intervenciones por averías a las unidades vehiculares. Lo mencionado se presenta en el siguiente diagrama.



**Figura 4.1.** Gráfica de Pareto de sistemas críticos del motor

En la Figura 4.1 se observa el diagrama de Pareto para sistemas de motor, donde se evidencia que los sistemas de lubricación y combustible son los principales causantes del 80 % de averías; mientras el 20 % de averías son provocados por el resto de sistemas. Como punto crítico se tiene al sistema de lubricación con mayor número de minibuses averiados y es el punto donde determinaremos las condiciones del lubricante de motor por medio del análisis de aceite.

Previo a la aplicación del plan de mantenimiento a la flota vehicular de la empresa Los Leones S.A., se tenía la disponibilidad de las unidades vehiculares en prueba un promedio de 88.9 %.

**Tabla 4.3.** Disponibilidad de las Unidades Vehiculares en Prueba

PLACA:	MTBF (h)	MTTR (h)		<b>DISPONIBILIDAD</b>
X3F-941	50.0	6.3	0.889	88.9 %
D5Q-734	52.7	7.3	0.879	87.9 %
X3W-762	67.1	7.9	0.894	89.4 %
X6Y-958	41.2	6.2	0.870	87.0 %
X1K-950	80.8	9.2	0.898	89.8 %
C6M-968	66.4	8.6	0.886	88.6 %
A5Z-796	62.1	7.2	0.897	89.7 %
X3B-787	90.2	9.8	0.902	90.2 %
<b>TOTAL</b>	<b>63.8</b>	<b>7.8</b>	<b>0.889</b>	<b>88.9 %</b>

Los resultados de la disponibilidad de las unidades vehiculares, se obtuvieron a partir del estudio realizado por un periodo de tres meses anteriores a la aplicación del plan de mantenimiento.

Por otro lado, los costos de mantenimiento previo a la elaboración y aplicación del plan de mantenimiento se muestran a continuación.

**Tabla 4.4. Costos de Mantenimiento de las Unidades Vehiculares en Prueba**

UNIDAD VEHICULAR	TIPO DE MTTO		CANTIDAD MATTO	COSTOS X MTTO		COSTO TOTAL DE MTTO
	PM	RM		PM1	RM x 90 días	
X3F-941	6	10	16	S/ 330.0	S/ 355.0	S/ 2,335.0
D5Q-734	6	9	15	S/ 330.0	S/ 495.0	S/ 2,475.0
X3W-762	6	6	12	S/ 330.0	S/ 550.0	S/ 2,530.0
X6Y-958	6	13	19	S/ 330.0	S/ 510.0	S/ 2,490.0
X1K-950	6	4	10	S/ 330.0	S/ 210.0	S/ 2,190.0
C6M-968	6	6	12	S/ 330.0	S/ 380.0	S/ 2,360.0
A5Z-796	6	7	13	S/ 330.0	S/ 375.0	S/ 2,355.0
X3B-787	6	3	9	S/ 330.0	S/ 170.0	S/ 2,150.0
<b>COSTO GENERAL DE MTTO</b>				<b>S/ 2,640.0</b>	<b>S/ 3,045.0</b>	<b>S/ 18,885.0</b>

*Nota:* PM=Mantenimiento Preventivo, RM=Mantenimiento Reactivo o Correctivo, MATTO=Mantenimiento.

El estudio de costos se realizó durante tres meses anterior a la aplicación del plan de mantenimiento, obteniendo como resultado datos ligeramente elevados, como se muestra en la Tabla 4.4.

#### 4.2. Monitoreo de los minibuses para el análisis de aceite del motor

Según el kilometraje de recorrido de las unidades vehiculares, es muy importante determinar el estado del aceite de motor, los posibles tipos y el porcentaje de contaminantes que contiene; para ello, se debe realizar el muestreo de aceite y análisis en un laboratorio certificado. Las muestras se tomaron a las siguientes unidades vehiculares, según placa:

**Tabla 4.5. Unidades vehiculares para el monitoreo de aceite de motor**

	PLACA	MARCA	MODELO	TIPO ACEITE	KILÓMETROS
1	X6Y-958	Mitsubishi Fuso	MF-100	Mobil Delvac MX 15W-40	250120
2	X3F-941	Mitsubishi Fuso	Rosa	Mobil Delvac MX 15W-40	302610
3	A5Z-796	Hyundai	County	Mobil Delvac MX 15W-40	325122
4	X3B-787	Mitsubishi Fuso	Rosa	Mobil Delvac MX 15W-40	320111
5	D5Q-734	Hyundai	County	Mobil Delvac MX 15W-40	309112
6	C6M-968	Hyundai	County	Mobil Delvac MX 15W-40	288480
7	X3W-762	Hyundai	County	Mobil Delvac MX 15W-40	379420
8	X1K-950	Mitsubishi Fuso	MF-100	Mobil Delvac MX 15W-40	525910

Con base en la estrategia del mantenimiento predictivo se realizó la extracción de muestras de aceite de motor en diferentes kilometrajes de recorrido para el análisis correspondiente. Para poder determinar los resultados de dichas muestras extraídas e interpretar la cantidad de concentración de contaminantes en el aceite, fueron enviadas al laboratorio SGS del Perú S. A. C., para su respectivo análisis. El estudio de mantenimiento de la flota vehicular mediante costos y análisis de muestras de aceite de motor se realizó durante agosto – 2021 a enero - 2022.

### **4.3. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

#### **4.3.1. Resultados del análisis de aceite de motor**

Las muestras de análisis de aceite se realizaron en ocho unidades vehiculares. Los resultados definen la situación actual de operación del motor de cada minibús. A continuación, se detalla cada unidad vehicular.

#### 4.3.1.1. Resultados del análisis infrarrojo

**Tabla 4.6. Datos de análisis infrarrojo/1.<sup>a</sup> Muestra**

1. <sup>a</sup> Muestra/Datos de análisis infrarrojo								
Placa	X6Y958	X3F941	A5Z796	X3B787	D5Q734	C6M968	X3W762	X1K950
Fecha	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021
Kilometraje	250120	302610	325122	320111	309112	288480	379420	525910
% Hollín	2.65	5.17	0.28	0.26	0.41	0.48	0.00	0.92
Hollín A/0.1mm	1.42	2.73	0.20	0.19	0.27	0.03	0.05	0.53
Oxidación A/0.1mm	0.04	0.02	0.08	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04
Sulfatación A/0.1mm	0.09	0.17	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05
Nitración A/0.1mm	0.15	0.16	0.09	0.08	0.02	0.09	0.02	0.11

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 4.7. Datos del análisis infrarrojo/2.<sup>a</sup> Muestra**

2. <sup>a</sup> Muestra/Datos de análisis infrarrojo								
Placa	X6Y958	X3F941	A5Z796	X3B787	D5Q734	C6M968	X3W762	X1K950
Fecha	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021
Kilometraje	261160	311910	336072	330808	318505	299311	388990	535790
% Hollín	0.60	0.59	0.61	0.27	0.55	0.14	0.38	1.34
Hollín A/0.1mm	0.37	0.36	0.37	0.20	0.31	0.13	0.08	0.75
Oxidación A/0.1mm	0.02	0.02	0.08	0.04	0.04	0.02	0.02	0.07
Sulfatación A/0.1mm	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
Nitración A/0.1mm	0.02	0.03	0.07	0.04	0.04	0.02	0.04	0.05

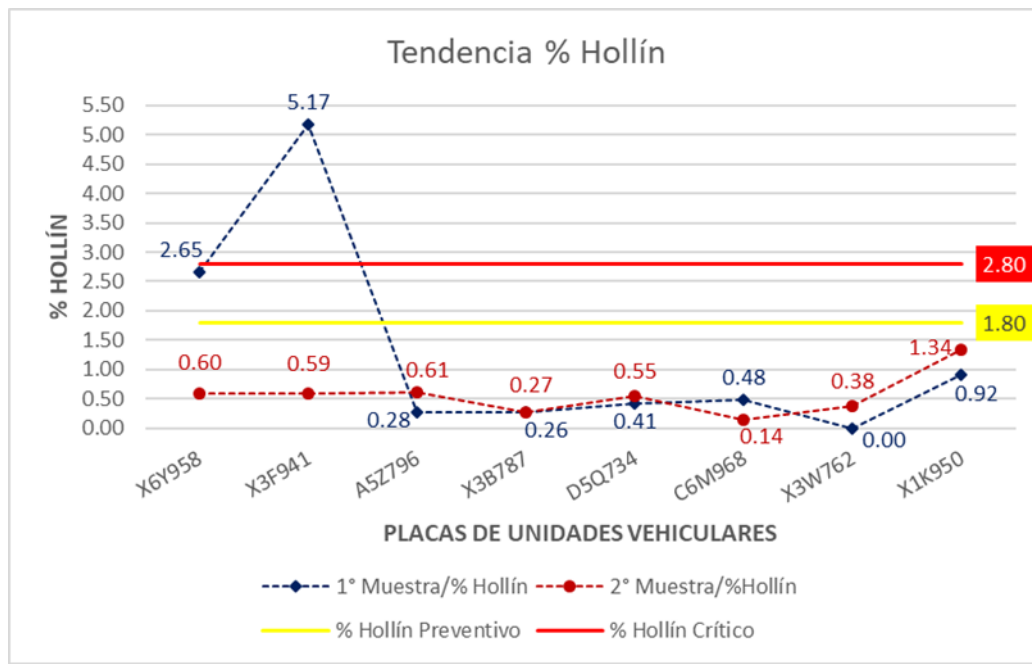
Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 4.8. Límites condenatorios para análisis infrarrojo**

Límites condenatorios	Normal	Preventivo	Crítico
% Hollín	0 - 1.79	1.8 - 2.79	$\geq 2.8$
Hollín A/0.1mm	0 - 1.59	1.6 - 1.79	$\geq 1.8$
Sulfatación A/0.1mm	0 - 0.19	0.2 - 0.29	$\geq 0.3$
Nitración A/0.1mm	0 - 0.19	0.2 - 0.29	$\geq 0.3$

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

## % HOLLÍN

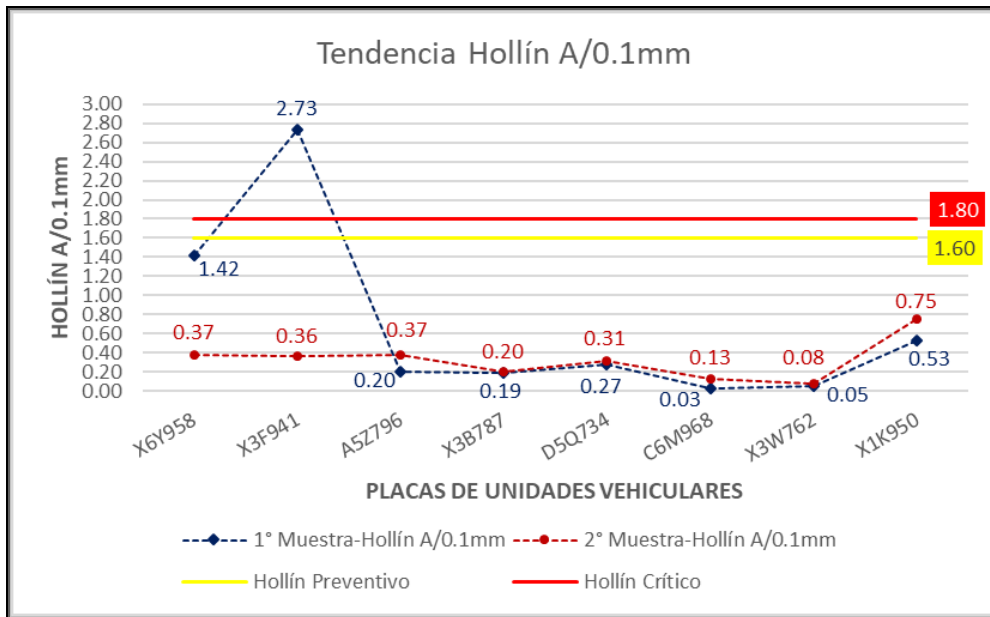


**Figura 4.2.** Tendencia % de hollín

Los resultados de la 1.<sup>a</sup> etapa de las 8 muestras realizadas sobre la tendencia del % de hollín indican que:

- La unidad vehicular con placa de rodaje X6Y-958, se encuentra en estado de prevención, por lo que se deberá tomar las acciones necesarias para evitar las consecuencias en dicha unidad vehicular.
- La unidad vehicular con placa de rodaje X3F-941, se encuentra en estado crítico, es obligatorio tomar las acciones correctivas inmediatamente para evitar grandes daños al motor.
- Las demás unidades vehiculares se encuentran dentro de los límites permisibles normales.
- Los resultados de la 2.<sup>o</sup> etapa de las muestras realizadas sobre la tendencia del % de hollín, indican que las 8 unidades vehiculares se encuentran sin observación.

### HOLLÍN A/0.1mm:



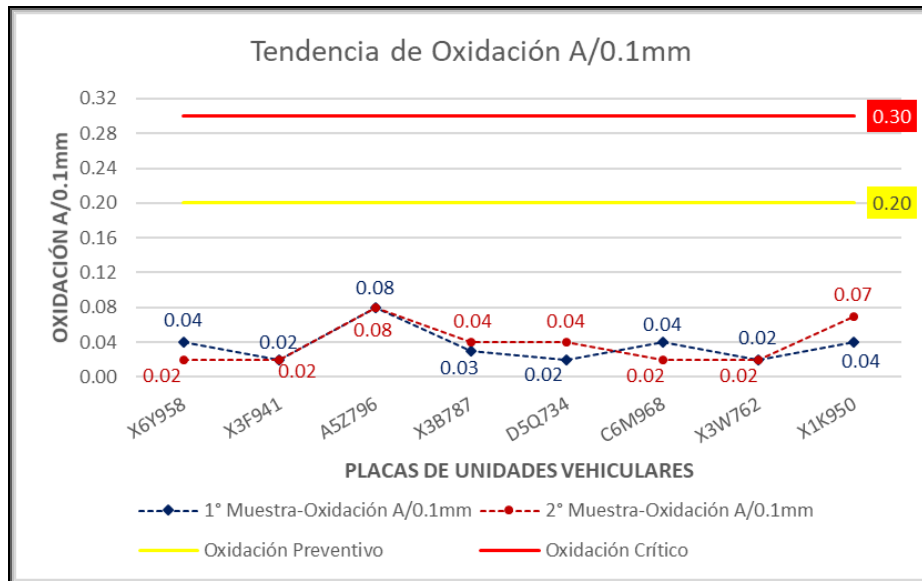
**Figura 4.3:** Tendencia de hollín A/0.1mm

Los resultados de la 1.<sup>a</sup> etapa de las ocho muestras realizadas sobre la tendencia de hollín A/0.1mm indican que la unidad vehicular con placa de rodaje X3F-941 se encuentra en estado crítico, mientras los demás minibuses se encuentran dentro de los límites permisibles normales.

Los resultados de la 2.<sup>a</sup> etapa de las ocho muestras realizadas sobre la tendencia de hollín A/0.1mm indican que ninguna unidad vehicular presenta observación.



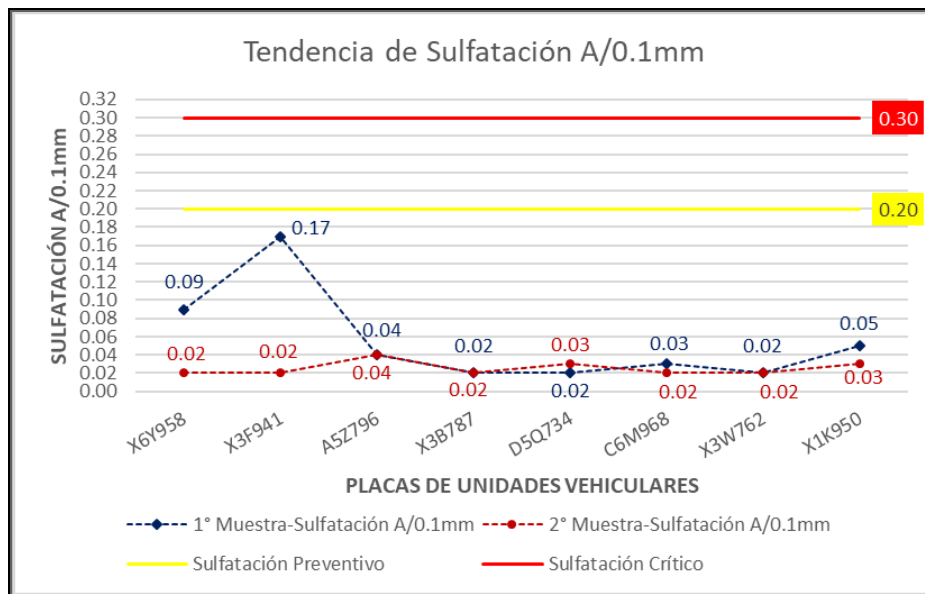
**OXIDACIÓN A/0.1mm:**



*Figura 4.4.* Tendencia de oxidación A/0.1mm

Los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa de muestras realizadas sobre la tendencia de oxidación A/0.1mm informan que todas las unidades vehiculares se encuentran sin observación.

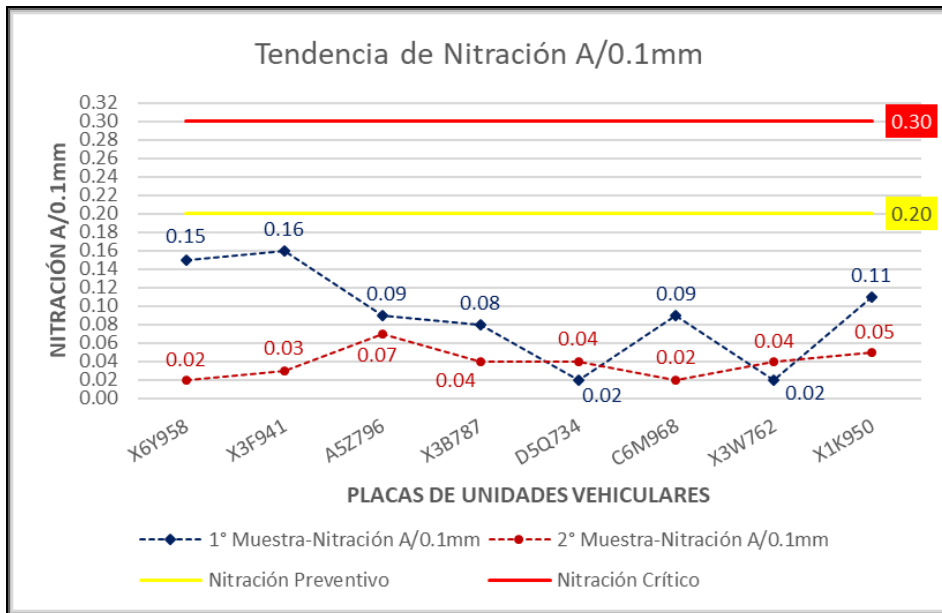
**SULFATACIÓN A/0.1mm:**



*Figura 4.5.* Tendencia de sulfatación A/0.1mm

Según los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa de muestras realizadas sobre la tendencia de sulfatación A/0.1mm, los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites normales de condensación. Ninguna unidad vehicular presenta observación.

**NITRACIÓN A/0.1mm:**



**Figura 4.6.** Tendencia de nitración A/0.1mm

Para la tendencia de nitración a A/0.1mm, los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa de muestras realizadas informan que los valores se encuentran dentro de los límites normales de condensación. Ninguna unidad vehicular presenta observación.

#### 4.3.1.2. Resultados del análisis físico-químico

**Tabla 4.9. Datos de análisis físico químicos/1.<sup>a</sup> Muestra**

1. <sup>a</sup> Muestra/Datos de análisis físico-químico								
Placa	<b>X6Y958</b>	<b>X3F941</b>	<b>A5Z796</b>	<b>X3B787</b>	<b>D5Q734</b>	<b>C6M968</b>	<b>X3W762</b>	<b>X1K950</b>
Fecha	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021
Kilometraje	250120	302610	325122	320111	309112	288480	379420	525910
Dispersancia	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Viscosidad100°C cSt	14.28	17.00	13.34	13.75	10.76	13.54	15.91	13.89
TBN mg KOH/g	6.17	6.18	7.64	7.17	2.01	7.91	2.59	7.12

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 4.10. Datos de análisis físico-químico/2.<sup>a</sup> Muestra**

2. <sup>a</sup> Muestra/Datos de análisis físico-químico								
Placa	<b>X6Y958</b>	<b>X3F941</b>	<b>A5Z796</b>	<b>X3B787</b>	<b>D5Q734</b>	<b>C6M968</b>	<b>X3W762</b>	<b>X1K950</b>
Fecha	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021
Kilometraje	261160	311910	336072	330808	318505	299311	388990	535790
Dispersancia	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Agua	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Viscosidad100°C cSt	13.82	14.21	14.01	13.52	13.40	13.66	14.10	14.04
TBN mg KOH/g	10.35	8.43	6.61	7.21	6.98	10.37	7.40	8.20

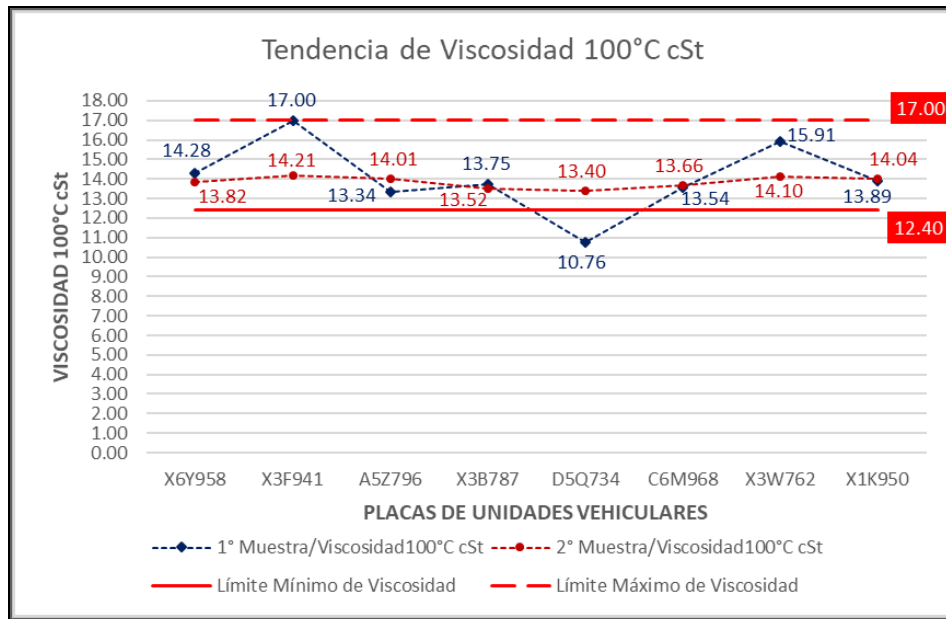
Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 4.11. Límites condenatorios para análisis físico-químico**

Viscosidad 100 °C cSt	Baja: <12.4	Normal: 12.4 – 17	Alta: >17
TBN mgKOH/g	Baja: <6.90	Normal: 6.90 - 11.50	

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**VISCOSIDAD 100 °C cSt:**

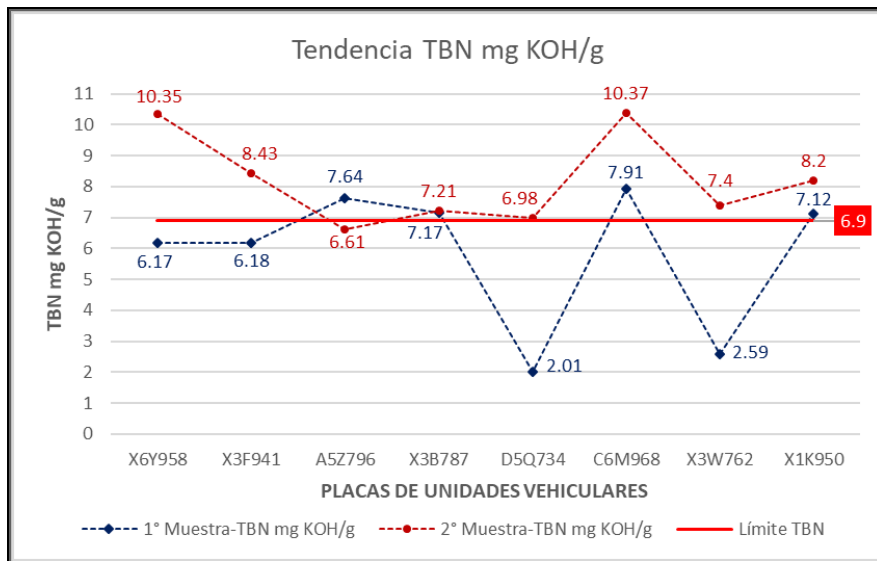


**Figura 4.7.** Tendencia de viscosidad 100 °C cSt

Los resultados de la 1.<sup>a</sup> etapa de muestras sobre la tendencia de viscosidad a 100 °C cSt, informan que la unidad vehicular con placa de rodaje X3F-941 se encuentra con viscosidad alta en estado de precaución; mientras, la unidad vehicular con placa de rodaje D5Q-734 se encuentra con viscosidad baja en estado crítico y necesita una atención de inmediato.

Los resultados de la 2.<sup>a</sup> etapa de muestras indican que ninguna unidad vehicular presenta observación. Las unidades vehiculares observadas en la 1.<sup>a</sup> etapa, superaron y se encuentran dentro de los límites normales de condenación.

## TBN-mg KOH/g:



**Figura 4.8.** Tendencia TBN mg KOH/g

Los resultados de la 1.<sup>a</sup> etapa sobre la tendencia de TBN indica que las unidades vehiculares con placa de rodaje D5Q-734 y X3W-762 se encuentran en estado crítico. Los valores de TBN se ubican por debajo del límite inferior de servicio, por lo que necesitan una atención inmediata.

Los resultados de la 2.<sup>a</sup> etapa revelan los valores de TBN dentro del rango de servicio. Ninguna unidad vehicular presenta observación.

#### 4.3.1.3. Resultados de los análisis espectrofotométrico

**Tabla 4.12. Datos de análisis espectrofotométrico/1.<sup>a</sup> Muestra**

1. <sup>a</sup> Muestra/Datos de análisis espectrofotométrico								
Placa	X6Y958	X3F941	A5Z796	X3B787	D5Q734	C6M968	X3W762	X1K950
Fecha	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021	10/18/2021
Kilometraje	250120	302610	325122	320111	309112	288480	379420	525910
Hierro (Fe), ppm	19.00	28.00	9.10	4.70	10.00	6.10	1.50	7.80
Cromo (Cr), ppm	1.90	0.50	0.30	0.00	0.50	0.20	0.00	0.50
Plomo (Pb), ppm	0.60	0.70	0.20	0.20	0.80	0.30	0.00	0.30
Cobre (Cu), ppm	1.00	1.40	0.70	0.10	0.80	1.80	0.00	0.20
Estaño (Sn), ppm	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aluminio (Al), ppm	3.20	7.40	1.40	0.80	1.20	1.10	0.60	1.10
Silicio (Si), ppm	9.80	25.00	3.80	3.60	1.10	3.50	0.90	3.20
Sodio (Na), ppm	4.30	4.90	3.90	3.70	1.10	3.70	0.00	3.80
Potasio (K), ppm	3.10	4.40	2.60	2.70	0.00	2.80	0.50	2.60

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 4.13. Datos de análisis espectrofotométrico/2.<sup>a</sup> Muestra**

2. <sup>a</sup> Muestra/Datos de análisis espectrofotométrico								
Placa	X6Y958	X3F941	A5Z796	X3B787	D5Q734	C6M968	X3W762	X1K950
Fecha	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021	11/23/2021
Kilometraje	261160	311910	336072	330808	318505	299311	388990	535790
Hierro (Fe), ppm	5.80	13.00	17.00	5.40	6.80	2.90	5.60	13.00
Cromo (Cr), ppm	0.70	0.30	1.00	0.10	0.90	0.20	0.90	1.10
Plomo (Pb), ppm	0.60	0.30	0.90	0.20	0.60	0.20	0.30	0.80
Cobre (Cu), ppm	0.50	1.00	1.80	0.30	1.20	0.80	0.70	0.90
Estaño (Sn), ppm	0.20	0.10	0.20	0.00	0.20	0.10	0.20	0.10
Aluminio (Al), ppm	0.80	4.00	2.30	1.10	1.30	0.70	1.20	2.40
Silicio (Si), ppm	3.90	13.00	5.70	3.80	3.20	3.50	2.10	3.50
Sodio (Na), ppm	0.60	3.50	3.60	3.70	2.90	1.30	1.60	3.10
Potasio (K), ppm	0.40	3.40	2.80	2.60	1.60	0.10	1.00	0.80

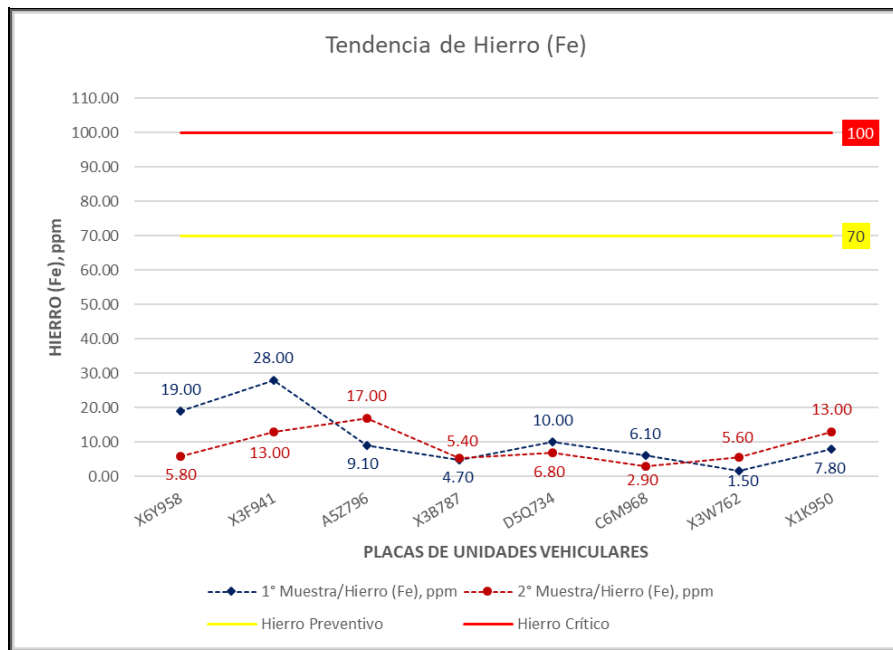
Fuente: SGS del Perú S. A. C.

**Tabla 4.14.** Límites condenatorios para análisis espectrofotométrico

Límites condenatorios	Normal	Preventivo	Crítico
Hierro (Fe), ppm	0 - 69 ppm	70 - 99 ppm	≥100 ppm
Cromo (Cr), ppm	0 - 9 ppm	10 - 14 ppm	≥15 ppm
Plomo (Pb), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	≥30 ppm
Cobre (Cu), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	≥30 ppm
Estaño (Sn), ppm	0 - 4 ppm	5 - 9 ppm	≥10 ppm
Aluminio (Al), ppm	0 - 9 ppm	10 - 19 ppm	≥20 ppm
Silicio (Si), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	≥30 ppm
Sodio (Na), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	≥30 ppm
Potasio (K), ppm	0 - 19 ppm	20 - 29 ppm	≥30 ppm

Fuente: SGS del Perú S. A. C.

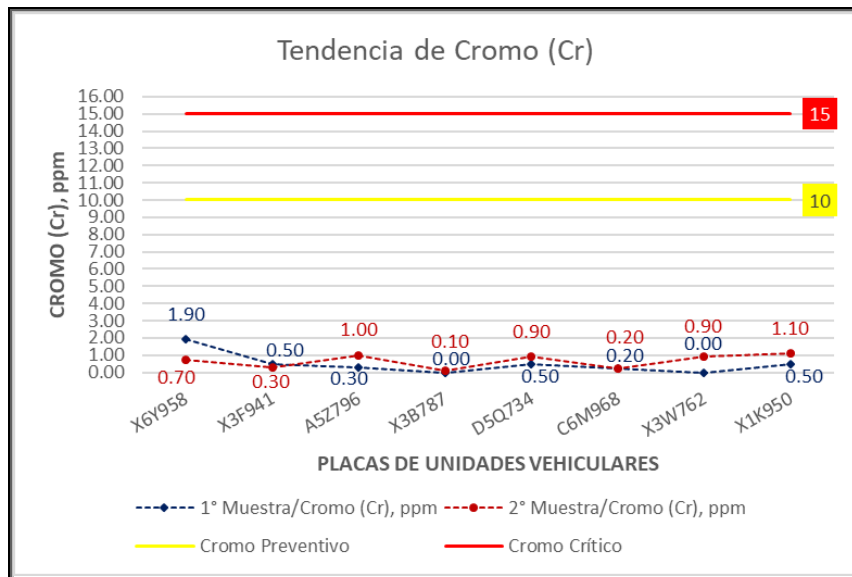
**HIERRO (Fe):**



**Figura 4.9.** Tendencia de Hierro (Fe)

Según los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa de muestras realizadas sobre la tendencia de hierro, se encuentran dentro de los límites normales de condenación. Ninguna de las ocho unidades vehiculares presenta observación.

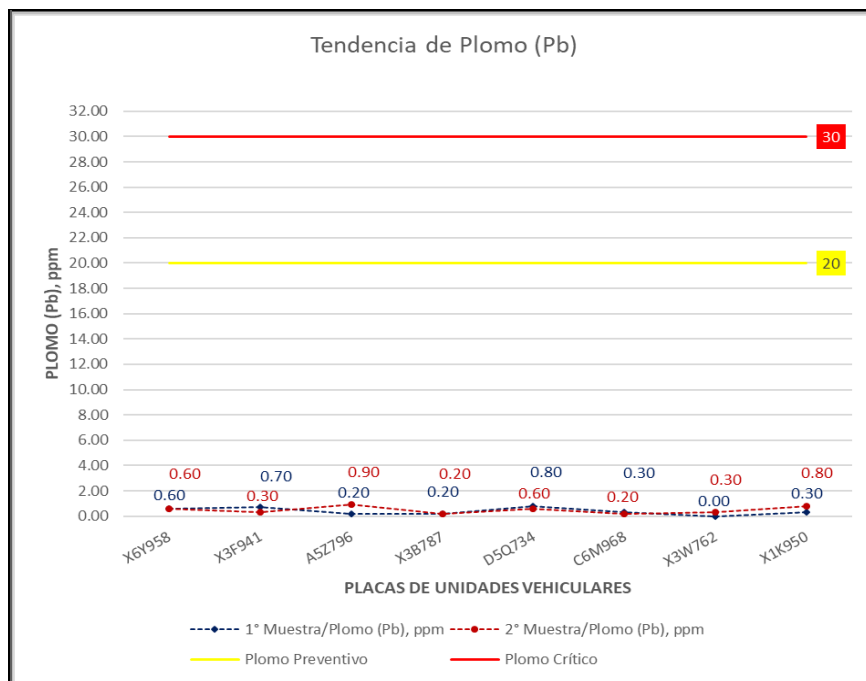
## CROMO (Cr):



**Figura 4.10.** Tendencia de cromo (Cr)

Para la tendencia de cromo, según los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa de muestras realizadas, los valores se encuentran dentro de los límites normales de condenación. Las ocho unidades vehiculares se encuentran sin observación.

## PLOMO (Pb):

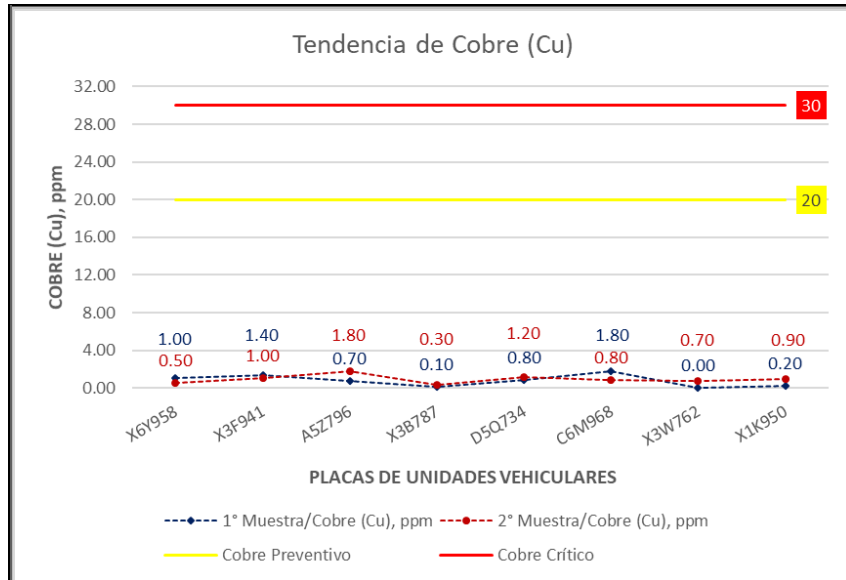


**Figura 4.11.** Tendencia de plomo (Pb)



Para la tendencia de plomo, los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa informan que ninguna de las ocho unidades vehiculares presenta indicio de metales.

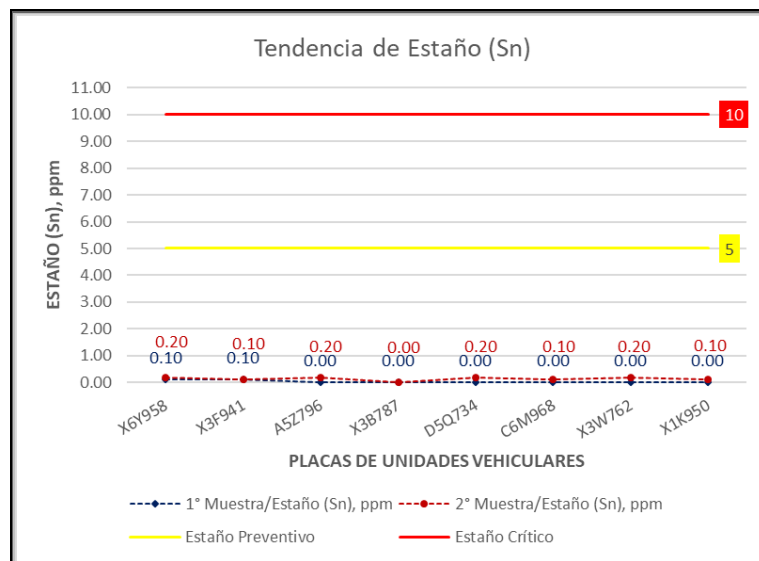
**COBRE (Cu):**



**Figura 4.12.** Tendencia de cobre (Cu)

De acuerdo los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa para la tendencia de cobre, ninguna de las ocho unidades vehiculares presenta indicios de metales significantes.

**ESTAÑO (Sn):**

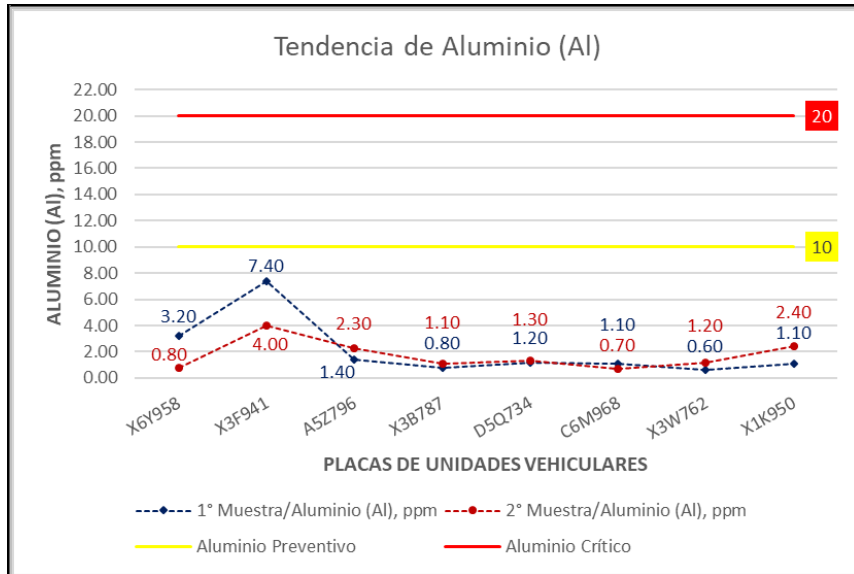


**Figura 4.13.** Tendencia de estaño (Sn)

**Fuente:** SGS del Perú S. A. C.

Según los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa para la tendencia de estaño, las ocho unidades no presentan observación. Los valores se ubican dentro de límites normales de condenación.

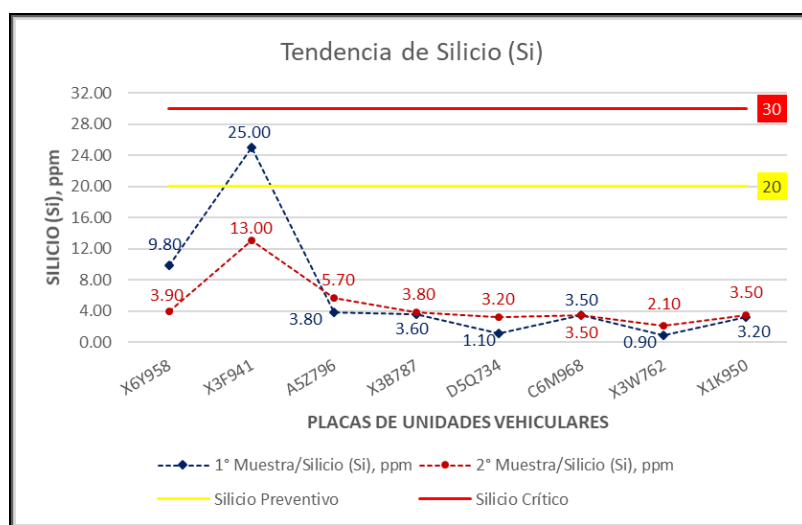
**ALUMINIO (Al):**



**Figura 4.14.** Tendencia de aluminio (Al)

Los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa de muestras para la tendencia de aluminio, informan que las ocho unidades vehiculares se encuentran sin observación alguna. Los valores se ubican dentro de los límites normales de condenación.

**SILICIO (Si):**



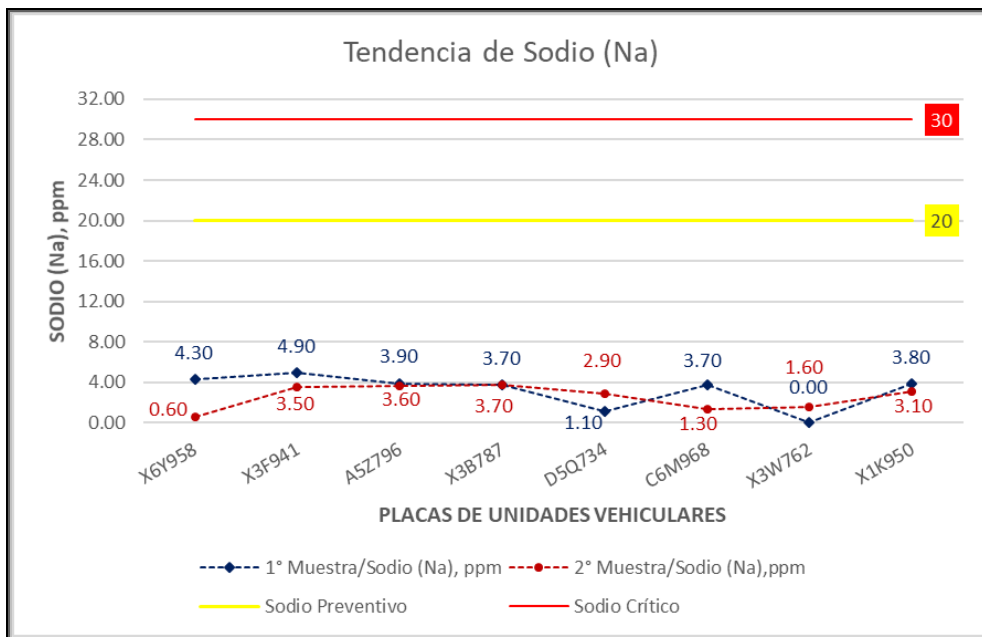
**Figura 4.15.** Tendencia de silicio (Si)

**Fuente:** SGS del Perú S. A. C.

Según los resultados de la 1.<sup>a</sup> etapa de muestras para la tendencia de silicio, se observa que la unidad vehicular con placa de rodaje X3F-941 se encuentra en estado de precaución, el valor 25 ppm está dentro del límite de prevención. Es muy importante identificar las causas y evitar posibles fallas.

Los resultados de la 2.<sup>a</sup> etapa de muestras reflejan que los valores se encuentran dentro de los límites normales de condenación. Ninguna unidad vehicular presenta observación.

**SODIO (Na):**

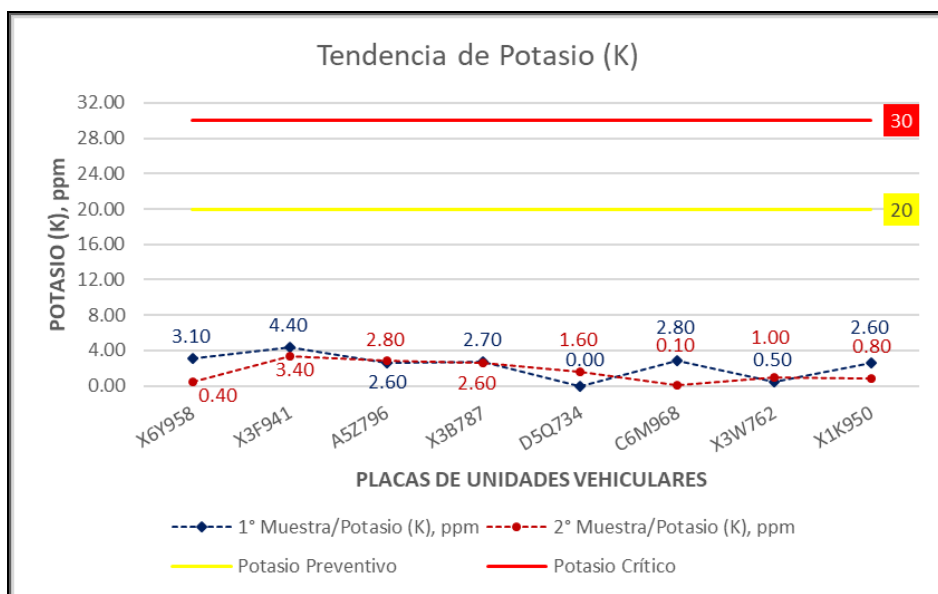


**Figura 4.16.** Tendencia de sodio (Na)

**Fuente:** SGS del Perú S. A. C.

Para la tendencia de sodio, los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa reflejan que ninguna de las ocho unidades vehiculares presenta observación.

## **POTASIO (K):**



**Figura 4.17.** Tendencia de potasio (K)

**Fuente:** SGS del Perú S. A. C.

Los resultados de la 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> etapa de muestras para la tendencia de potasio, refleja que los valores se ubican dentro del límite normal de condenación. Ninguna unidad vehicular presenta observación.

### **4.3.2. Implementación del plan de mantenimiento**

Con la información necesaria adquirida sobre la situación actual de mantenimiento de la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A., y los resultados de las muestras del análisis de aceite proporcionados por el laboratorio SGS del Perú S. A. C., encargado de los análisis de las muestras de aceite; se elaboró un plan de mantenimiento para un mejor control y cuidado de cada sistema de las unidades vehiculares.

En la actualidad, con la subida del costo de vida, el incremento de valor de los componentes, combustibles, repuestos mecánicos y adquisición de minibuses más modernos, es fundamental implementar técnicas, estrategias de mantenimiento con la finalidad de proteger las máquinas y prolongar su vida útil.

Para el desarrollo de esta investigación fue crucial la estrategia del análisis de aceite. A continuación, se muestra la implementación del plan de mantenimiento que se aplicará a la flota de minibuses de la empresa Los Leones S. A., mientras la cartilla de operación de actividades generales de mantenimiento se ubica en el anexo.

**Tabla 4.15. Cronograma de mantenimiento preventivo**

LEYENDA		Frecuencia de mantenimiento en kilómetros (Km)																		
ACTIVIDADES PRINCIPALES	C: Cambiar I: Inspeccionar L: Lubricar LP: Limpiar	PM1				PM2		PM1			PM3			PM1		PM2		PM1		PM4
		7500	15000	22500	30000	37500	45000	52500	60000	67500	75000	82500	90000	97500	105000	112500	120000			
<b>LUBRICANTES:</b>																				
Aceite de motor	SAE 15W-40 API CK-4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
Aceite de caja de cambios	SAE 80W-90 API GL-4				I				C				I					C		
Aceite de diferencial	SAE 85W-140 API GL-4				I				C				I					C		
Aceite hidráulico	ISO VG-46				I				I				I					C		
Líquido refrigerante	Anticorrosivo/Anticongelante				I				I				I					C		
Líquido frenos/embragues	DOT-4 / DOT-5.1				I				C				I					C		
Grasa para rodamientos	LGWA-2/Complejo de Litio				I				C				I					C		
Grasa para chasis	LGMT-2/Calcio	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
<b>FILTROS:</b>																				
Filtro de aceite		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
Filtro de combustible		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
Filtro combustible separador			C		C				C				C					C		
Filtro de aire		LP	LP	LP	C	LP	LP	LP	C	LP	LP	LP	C	LP	LP	LP	LP	C		
Filtro hidráulico					I				I				I					C		

#### 4.4. Resultados de la aplicación del plan de mantenimiento basado en análisis de aceite

Con la implementación del plan de mantenimiento basado en análisis de aceite se ha obtenido una mejora de disponibilidad de los minibuses de la empresa Los Leones S. A., de un 88.9 % a un 93.2 %, incrementando un 4.3 % del valor inicial. Éste incremento es muy importante para los objetivos de la empresa con aras de brindar un servicio puntual a los usuarios.

##### 4.4.1. Tabla de índices de disponibilidad del plan de mantenimiento

La disponibilidad es uno de los principales parámetros del plan de mantenimiento, del cual se analizará el antes y después, a continuación:

**Tabla 4.16.** Índices de disponibilidad antes de aplicar el plan de mantenimiento

PLACA:	n.º PARADAS		TPO. TOTAL OPERACIÓN (h)	TPO. TOTAL PARADA (h)		TPO. DISPONIBLE OPERACIÓN (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	DISPONIBILIDAD
	PM	RM		PM	RM				
X3F-941	6	10	900	60	40	800	50.0	6.3	88.9 %
D5Q-734	6	9	900	60	49	791	52.7	7.3	87.9 %
X3W-762	6	6	900	60	35	805	67.1	7.9	89.4 %
X6Y-958	6	13	900	60	57	783	41.2	6.2	87.0 %
X1K-950	6	4	900	60	32	808	80.8	9.2	89.8 %
C6M-968	6	6	900	60	43	797	66.4	8.6	88.6 %
A5Z-796	6	7	900	60	33	807	62.1	7.2	89.7 %
X3B-787	6	3	900	60	28	812	90.2	9.8	90.2 %
<b>PROMEDIO</b>	<b>13</b>			<b>99.6</b>		<b>800.375</b>	<b>63.8</b>	<b>7.8</b>	<b>88.9 %</b>

*Nota:* PM: Mantenimiento preventivo, RM: Mantenimiento correctivo, MTBF: Tiempo Medio entre fallos,

MTTR: Tiempo Medio de reparación, TPO: Tiempo.

En la Tabla 4.16, se muestra el resumen de los índices de disponibilidad antes de aplicar el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite. Además, se detalla el porcentaje de disponibilidad de cada unidad vehicular durante un periodo de tres meses antes de aplicar el plan de mantenimiento, la disponibilidad promedio es de un 88.9 %.

**Tabla 4.17.** Índices de disponibilidad después de aplicar el plan de mantenimiento

PLACA	n.º PARADAS		TPO. TOTAL OPERACIÓN (h)	TPO. TOTAL PARADA (h)		TPO. DISPONIBLE OPERACIÓN (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	DISPONIBILIDAD
	PM	RM		PM	RM				
X3F-941	4	7	900	40	21	839	76.3	5.5	93.2 %
D5Q-734	4	5	900	40	27	833	92.6	7.4	92.6 %
X3W-762	4	3	900	40	18	842	120.3	8.3	93.6 %
X6Y-958	4	9	900	40	33	827	63.6	5.6	91.9 %
X1K-950	4	2	900	40	17	843	140.5	9.5	93.7 %
C6M-968	4	4	900	40	19	841	105.1	7.4	93.4 %
A5Z-796	4	5	900	40	23	837	93.0	7.0	93.0 %
X3B-787	4	2	900	40	13	847	141.2	8.8	94.1 %
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.6</b>			<b>61.3</b>		<b>838.625</b>	<b>104.1</b>	<b>7.4</b>	<b>93.2 %</b>

En la Tabla 4.17, se muestran los índices de disponibilidad tres meses después de haber aplicado el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite. Ahora el valor de disponibilidad promedio de las unidades vehiculares es de 93.2 %, aumentando en un 4.3 % de la disponibilidad inicial que era de 88.9 %.

#### 4.4.2. Tabla de índices de costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento son parámetros importantísimos que se debe tener en cuenta durante el periodo de mantenimiento de las unidades vehiculares.

**Tabla 4.18.** Índice de costos antes de aplicar el plan de mantenimiento

UNIDAD VEHICULAR	TIPO DE MTTO		CANTIDAD MATTO	COSTOS X MTTO		COSTO TOTAL DE MTTO
	PM	RM		PM1	RM x 90 días	
X3F-941	6	10	16	S/ 330.0	S/ 355.0	S/ 2,335.0
D5Q-734	6	9	15	S/ 330.0	S/ 495.0	S/ 2,475.0
X3W-762	6	6	12	S/ 330.0	S/ 550.0	S/ 2,530.0
X6Y-958	6	13	19	S/ 330.0	S/ 510.0	S/ 2,490.0
X1K-950	6	4	10	S/ 330.0	S/ 210.0	S/ 2,190.0
C6M-968	6	6	12	S/ 330.0	S/ 380.0	S/ 2,360.0
A5Z-796	6	7	13	S/ 330.0	S/ 375.0	S/ 2,355.0
X3B-787	6	3	9	S/ 330.0	S/ 170.0	S/ 2,150.0
<b>COSTO GENERAL DE MTTO</b>				<b>S/ 2,640.0</b>	<b>S/ 3,045.0</b>	<b>S/ 18,885.0</b>

Los costos de mantenimiento varían de acuerdo al tipo de mantenimiento y a la cantidad de averías que puede presentar cada unidad vehicular. En la Tabla 4.18 se muestra el índice de costos de las unidades vehiculares en prueba, sumando el costo total de S/. 18,885.0 por concepto de mantenimiento preventivo (PM1) más los gastos efectuados en la cantidad de averías durante un periodo de tres meses, antes de haber aplicado el plan de mantenimiento.

**Tabla 4.19.** Índice de costos después de aplicar el plan de mantenimiento

UNIDAD VEHICULAR	TIPO DE MTTO		CANTIDAD MATTO	COSTOS X MTTO		COSTO TOTAL DE MTTO
	PM	RM		PM1	RM x 90 días	
X3F-941	4	7	11	S/ 410.0	S/ 225.0	S/ 1,865.0
D5Q-734	4	5	9	S/ 410.0	S/ 190.0	S/ 1,830.0
X3W-762	4	3	7	S/ 410.0	S/ 140.0	S/ 1,780.0
X6Y-958	4	9	13	S/ 410.0	S/ 305.0	S/ 1,945.0
X1K-950	4	2	6	S/ 410.0	S/ 130.0	S/ 1,770.0
C6M-968	4	4	8	S/ 410.0	S/ 210.0	S/ 1,850.0
A5Z-796	4	5	9	S/ 410.0	S/ 100.0	S/ 1,740.0
X3B-787	4	2	6	S/ 410.0	S/ 50.0	S/ 1,690.0
<b>COSTO GENERAL DE MTTO</b>				<b>S/ 3,280.0</b>	<b>S/ 1,350.0</b>	<b>S/ 14,470.0</b>

Ahora después de haber aplicado el plan de mantenimiento a las unidades vehiculares, la cantidad de averías disminuye, los índices de costos también varían como se muestra en la tabla 4.19. El costo total es de S/. 14,470.0 reduciendo el valor de S/. 4,415.0 de diferencia del valor inicial.

#### 4.5. Resultado general del análisis de aceite

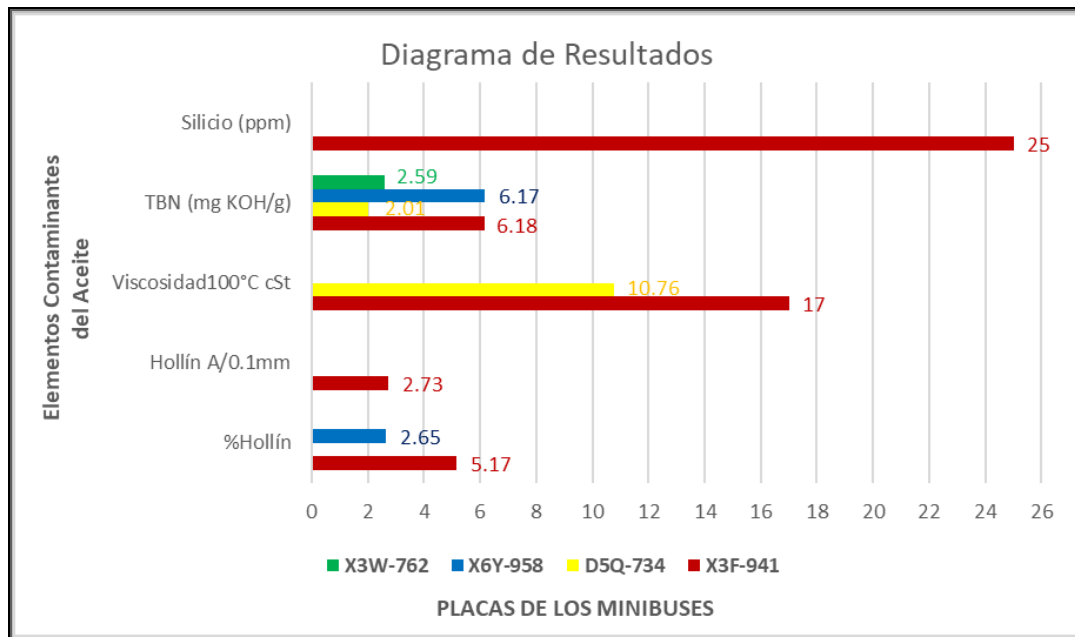
**Tabla 4.20.** Elementos contaminantes encontrados en el análisis de aceite

ELEMENTOS CONTAMINANTES EN EL ACEITE DE MOTOR						
	PLACA:	%Hollín	Hollín A/0.1mm	Viscosidad 100°C cSt	TBN (mg KOH/g)	Silicio (ppm)
1. <sup>a</sup> Muestra	X3F-941	5.17	2.73	17	6.18	25
	D5Q-734			10.76	2.01	
	X6Y-958	2.65			6.17	
	X3W-762				2.59	
2. <sup>a</sup> Muestra	A5Z-796				6.61	

Nota: ■ Crítico ■ Preventivo

En la Tabla 4.20 se resume en forma general los resultados (preventivos y críticos) del análisis de aceite que se realizó en dos etapas. En la 1.<sup>a</sup> etapa, los resultados del análisis de aceite arrojaron que los minibuses con placa n.º X3F-941, D5Q-734, X6Y-958 y X3W-762 presentan indicios de elementos contaminantes en el aceite. Mientras, en la 2.<sup>a</sup> etapa solo el minibús con placa n.º A5Z-796 presenta indicios de contaminantes en el aceite.





**Figura 4.18.** Diagrama de análisis de resultados de las muestras de aceite

#### 4.6. Prueba de hipótesis

Interrogante de la investigación: ¿Es posible implementar un plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco para optimizar costos de mantenimiento y disponibilidad de la flota vehicular? Hipótesis de la investigación: Con la implementación del plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en los minibuses de la empresa Los Leones S. A. - Cusco, se logra optimizar costos de mantenimiento y disponibilidad de la flota vehicular. Entonces, mediante la estadística, el objetivo de la hipótesis consiste en comparar la disponibilidad mecánica de las unidades vehiculares en prueba, antes y después de haber aplicado el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite.

Criterios para determinar la hipótesis:

P-valor < 0.05, se aprueba la hipótesis

P-valor  $\geq$  0.05, no se aprueba la hipótesis

Donde: P-valor: Valor probabilístico

Es importante validar la hipótesis y para ello se utilizará la prueba t de Student.

La prueba t de Student está diseñada para probar hipótesis de investigaciones con muestras pequeñas, mediante la media o promedio.

Se necesitará de algunos datos:

$\alpha = 0.05$  5 % : Nivel de significancia (Valor para trabajos de ingeniería)

n: Número total

r = gl ; Grados de libertad

El grado de libertad es muy importante para poder determinar el estadístico T de la tabla. Para muestras de una población se calcula con la siguiente fórmula:

$gl = (n - 1)$  ; donde:  $n = 8$

$gl = (8 - 1)$

$gl = 7$

**Tabla 4.21. Tabla de distribución t**

$\alpha$ r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850

Fuente: [www.u-cursos.cl](http://www.u-cursos.cl)

Según la Tabla 4.21, distribución T se tiene:

$t_{tabular} = 1.895$

**Tabla 4.21. Porcentaje de disponibilidad para determinar su desviación estándar**

PLACA	ANTES DE APLICAR EL PLAN DE MTTO	DESPUÉS DE APLICAR EL PLAN DE MTTO	x	y	z
	DISPONIBILIDAD		di	di- $\bar{d}$	(di - $\bar{d}$ ) <sup>2</sup>
X3F-941	88.9 %	93.2 %	4.3 %	0.1 %	0.01 %
D5Q-734	87.9 %	92.6 %	4.7 %	0.5 %	0.25 %
X3W-762	89.4 %	93.6 %	4.2 %	-0.1 %	0.01 %
X6Y-958	87.0 %	91.9 %	4.9 %	0.7 %	0.49 %
X1K-950	89.8 %	93.7 %	3.9 %	-0.3 %	0.09 %
C6M-968	88.6 %	93.4 %	4.8 %	0.6 %	0.36 %
A5Z-796	89.7 %	93.0 %	3.3 %	-0.9 %	0.81 %
X3B-787	90.2 %	94.1 %	3.9 %	-0.4 %	0.16 %
<b>Promedio: <math>\bar{d} =</math></b>			<b>4.3 %</b>		<b>2.2 %</b>

La desviación estándar, es la medida que indica el grado de dispersión de los datos con respecto al promedio. Se calcula con la siguiente fórmula y de acuerdo a la Tabla 4.21

$$Sd = \sqrt{\frac{(di - \bar{d})^2}{n-1}}$$

Donde:

x= di: Disponibilidad mejorada

y= di- $\bar{d}$ : Diferencia de la disponibilidad mejorada y el promedio

z= (di -  $\bar{d}$ )<sup>2</sup>: Diferencia cuadrática de disponibilidad mejorada y el promedio

Reemplazando los valores se tiene que la desviación estándar es;

$$Sd = \sqrt{\frac{(di - \bar{d})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2.2\%}{7}}$$

$$Sd = 0.056$$

Para calcular el t de Student, la fórmula es:

$$T = \frac{\bar{d}}{\frac{sd}{\sqrt{n}}}; \text{ donde:}$$

$\bar{d}$ : Promedio de diferencias; promedio de la suma total de la disponibilidad mejorada.

$s_d$ : Desviación estándar

$n$ : Número o cantidad total

$$T = \frac{\bar{d}}{\frac{sd}{\sqrt{n}}} = \frac{4.3\%}{\frac{0.056}{\sqrt{8}}}$$

**Tcalculado = 2.17**

Entonces se demuestra que:  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{tabulado}}$ ; Según el cálculo de la estadística P-valor = 0.0344807 por lo tanto, la hipótesis para la disponibilidad se aprueba porque p-valor < 0.05.

**Tabla 4.22.** Valor de costos de mantenimiento para determinar la desviación estándar

PLACA	ANTES DE APLICAR EL PLAN DE MTTO	DESPUÉS DE APLICAR EL PLAN DE MTTO	X	Y	Z
	COSTOS DE MANTENIMIENTO		di	di- $\bar{d}$	(di - $\bar{d}$ ) <sup>2</sup>
X3F-941	S/ 2,335.0	S/ 1,865.0	S/ 470.0	- S/ 81.9	S/ 6,707.60
D5Q-734	S/ 2,475.0	S/ 1,830.0	S/ 645.0	S/ 93.1	S/ 8,667.60
X3W-762	S/ 2,530.0	S/ 1,780.0	S/ 750.0	S/ 198.1	S/ 39,243.60
X6Y-958	S/ 2,490.0	S/ 1,945.0	S/ 545.0	-S/ 6.9	S/ 47.60
X1K-950	S/ 2,190.0	S/ 1,770.0	S/ 420.0	-S/ 131.9	S/ 17,397.60
C6M-968	S/ 2,360.0	S/ 1,850.0	S/ 510.0	-S/ 41.9	S/ 1,755.60
A5Z-796	S/ 2,355.0	S/ 1,740.0	S/ 615.0	S/ 63.1	S/ 3,981.60
X3B-787	S/ 2,150.0	S/ 1,690.0	S/ 460.0	-S/ 91.9	S/ 8,445.60
	<b>PROMEDIO: <math>\bar{d}</math> =</b>		<b>S/ 551.9</b>		<b>S/ 86,246.80</b>

De acuerdo a la Tabla 4.22, se calculará la desviación estándar.

$$Sd = \sqrt{\frac{(di-\bar{d})^2}{n-1}}$$

Donde:

x= di: Costos de mantenimiento optimado

y= di- $\bar{d}$ : Diferencia de costos de mantenimiento optimado y el promedio

z= (di -  $\bar{d}$ )<sup>2</sup>: Diferencia cuadrática de costos de mantenimiento optimado y el promedio

Reemplazando los valores se tiene que la desviación estándar es:

$$Sd = \sqrt{\frac{(di-\bar{d})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{86246.8}{7}}$$

**Sd = S/. 110.9**

Calculando t de Student se tiene;

$$T = \frac{\bar{d}}{\frac{sd}{\sqrt{n}}} = \frac{S/551.9}{\frac{S/110.9}{\sqrt{8}}}$$

$$T_{\text{calculado}} = 14.7$$

Entonces se demuestra que:  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{tabulado}}$ ; Según el cálculo de estadística p-valor = 0.0000008 por lo tanto, la hipótesis para los costos de mantenimiento se aprueba porque  $p\text{-valor} < 0.05$ .

#### **4.7. Discusión e interpretación de resultados**

En el presente trabajo de investigación se tiene a una flota vehicular de 46 minibuses de la empresa Los Leones S. A., de la cual se tomó a 8 minibuses como muestra para realizar un estudio sobre el mantenimiento mediante monitoreo de indicadores como disponibilidad y costos. El estudio se realizó 3 meses antes y 3 meses después de haber aplicado el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite.

El resultado del indicador de disponibilidad demuestra una mejora de 4.3 % como consecuencia de haber aplicado el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite; el monitoreo constante, el manejo correcto de las muestras de aceites y la correcta interpretación de los resultados del análisis permitieron tomar una mejor y oportuna decisión, evitando paradas prolongadas e imprevistas de las unidades vehiculares.

Se tomaron datos para poder diferenciar entre un antes (agosto – octubre 2021) y un después (noviembre 2021 – enero 2022) de aplicar el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite.

**Tabla 4.23. Índice de disponibilidad de un Antes**

PLACA	n.º PARADAS		TPO. TOTAL OPERACIÓN (h)	TPO. TOTAL PARADA (h)		TPO. DISPONIBLE OPERACIÓN (h)	MTBF (h)	DISPONIBILIDAD
	PM	RM		PM	RM			
X3F-941	6	10	900	60	40	800	50.0	88.9 %
D5Q-734	6	9	900	60	49	791	52.7	87.9 %
X3W-762	6	6	900	60	35	805	67.1	89.4 %
X6Y-958	6	13	900	60	57	783	41.2	87.0 %
X1K-950	6	4	900	60	32	808	80.8	89.8 %
C6M-968	6	6	900	60	43	797	66.4	88.6 %
A5Z-796	6	7	900	60	33	807	62.1	89.7 %
X3B-787	6	3	900	60	28	812	90.2	90.2 %
<b>PROMEDIO</b>	<b>13</b>			<b>99.6</b>		<b>800.375</b>		<b>88.9 %</b>

Durante el periodo de agosto a octubre del 2021 el promedio de paradas fue de 13; mientras el promedio del tiempo total de paradas fue de 99.6 horas.

**Tabla 4.24. Índice de disponibilidad de un Después**

PLACA	n.º PARADAS		TPO. TOTAL OPERACIÓN (h)	TPO. TOTAL PARADA (h)		TPO. DISPONIBLE OPERACIÓN (h)	MTBF (h)	DISPONIBILIDAD
	PM	RM		PM	RM			
X3F-941	4	7	900	40	21	839	76.3	93.2 %
D5Q-734	4	5	900	40	27	833	92.6	92.6 %
X3W-762	4	3	900	40	18	842	120.3	93.6 %
X6Y-958	4	9	900	40	33	827	63.6	91.9 %
X1K-950	4	2	900	40	17	843	140.5	93.7 %
C6M-968	4	4	900	40	19	841	105.1	93.4 %
A5Z-796	4	5	900	40	23	837	93.0	93.0 %
X3B-787	4	2	900	40	13	847	141.2	94.1 %
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.6</b>			<b>61.3</b>		<b>838.625</b>		<b>93.2 %</b>

Después de haber aplicado el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite, el promedio de número de paradas disminuyó a 8.6; mientras el promedio de tiempo total de paradas se redujo a 61.3 horas. De acuerdo a los resultados obtenidos, la disponibilidad de las unidades vehiculares mejoró en 4.3 %.

Por otra parte, el resultado del indicador de costos de mantenimiento muestra una reducción de S/ 4,415.0 como consecuencia de haber aplicado el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite. Para diferenciar los resultados de un antes y un después se tomaron datos e información necesaria.

**Tabla 4.25. Índice de costos de mantenimiento de un Antes**

UNIDAD VEHICULAR	TIPO DE MTTO		CANTIDAD MATTO	COSTOS X MTTO		COSTO TOTAL DE MTTO
	PM	RM		PM1	RM x 90 días	
X3F-941	6	10	16	S/ 330.0	S/ 355.0	S/ 2,335.0
D5Q-734	6	9	15	S/ 330.0	S/ 495.0	S/ 2,475.0
X3W-762	6	6	12	S/ 330.0	S/ 550.0	S/ 2,530.0
X6Y-958	6	13	19	S/ 330.0	S/ 510.0	S/ 2,490.0
X1K-950	6	4	10	S/ 330.0	S/ 210.0	S/ 2,190.0
C6M-968	6	6	12	S/ 330.0	S/ 380.0	S/ 2,360.0
A5Z-796	6	7	13	S/ 330.0	S/ 375.0	S/ 2,355.0
X3B-787	6	3	9	S/ 330.0	S/ 170.0	S/ 2,150.0
<b>COSTO GENERAL DE MTTO</b>				<b>S/ 2,640.0</b>	<b>S/ 3,045.0</b>	<b>S/ 18,885.0</b>

Se obtuvo el resultado del estudio de costos durante el periodo de agosto a octubre del 2021, siendo el costo total de mantenimiento equivalente a S/. 18,885.0

**Tabla 4.26. Índice de costos de mantenimiento de un después**

UNIDAD VEHICULAR	TIPO DE MTTO		CANTIDAD MATTO	COSTOS X MTTO		COSTO TOTAL DE MTTO
	PM	RM		PM1	RM x 90 días	
X3F-941	4	7	11	S/ 410.0	S/ 225.0	S/ 1,865.0
D5Q-734	4	5	9	S/ 410.0	S/ 190.0	S/ 1,830.0
X3W-762	4	3	7	S/ 410.0	S/ 140.0	S/ 1,780.0
X6Y-958	4	9	13	S/ 410.0	S/ 305.0	S/ 1,945.0
X1K-950	4	2	6	S/ 410.0	S/ 130.0	S/ 1,770.0
C6M-968	4	4	8	S/ 410.0	S/ 210.0	S/ 1,850.0
A5Z-796	4	5	9	S/ 410.0	S/ 100.0	S/ 1,740.0
X3B-787	4	2	6	S/ 410.0	S/ 50.0	S/ 1,690.0
<b>COSTO GENERAL DE MTTO</b>				<b>S/ 3,280.0</b>	<b>S/ 1,350.0</b>	<b>S/ 14,470.0</b>

Después de aplicar el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite en el periodo de noviembre 2021 a enero del 2022, se logró un nuevo resultado. Ahora el costo total de mantenimiento es de S/. 14,470.0

La diferencia de costos de mantenimiento de un antes y un después, demuestra una reducción de S/. 4,415.0 que significa un ahorro para los intereses de la empresa.

## CONCLUSIONES

- 1) La disponibilidad de los minibuses en prueba se incrementó en un 4.3 %. Antes de la aplicación del plan de mantenimiento basado en análisis de aceite, la disponibilidad era de un 88.9 %; una vez aplicado el plan de mantenimiento, la disponibilidad se amplió a 93.2 %. Mientras, el costo de mantenimiento presentó un ahorro de S/. 4,415.0 trimestrales, debido que, previamente a la aplicación del plan de mantenimiento, el costo fluctuaba por los S/. 18,885.0 y posteriormente a la aplicación del plan de mantenimiento, este se redujo a S/. 14,470.0. Por consiguiente, un promedio de ahorro de cada minibús equivale a S/. 551.9 que también es el promedio de costo de los insumos para un mantenimiento (aceite y filtros).
- 2) A inicios del estudio de la situación del mantenimiento de los minibuses en prueba, el promedio de tiempo total de parada era de 99.6 horas, luego de haber aplicado el plan de mantenimiento, el promedio se redujo a 61.3 horas trimestrales, logrando disminuir el tiempo total de parada en 38.3 horas; entonces, el tiempo total de parada de los minibuses en prueba es inversamente proporcional con relación a la disponibilidad.
- 3) El promedio de número de paradas por averías se logró reducir de 13 a 8.6 paradas trimestrales, lo que equivale a una diferencia de promedio de 4.4 paradas, esto luego de haberse aplicado el plan de mantenimiento, siendo inversamente proporcional el promedio de paradas con relación a la disponibilidad mecánica.
- 4) Dentro del plan de mantenimiento actual, el análisis de muestras de aceite es una estrategia muy importante que permite anticiparse a fallas y evitar paradas de las máquinas, los procedimientos de muestreo de aceite se deben cumplir obligatoriamente.
- 5) Se presentó los resultados mediante cuadros estadísticos, comparando con la tabla de los límites condenatorios, identificando las posibles causas para fallos del motor. Los resultados de la 1.<sup>a</sup> etapa, arrojaron que los minibuses con placa de rodaje n.º D5Q-734, X3F-941 y X3W-762 se encuentran en estado crítico (viscosidad y contaminación); mientras el X6Y-958 presenta un estado de precaución por contaminantes.
- 6) Después de haber aplicado el plan de mantenimiento, se realizó la 2.<sup>a</sup> etapa de análisis de aceite, en la cual las cuatro muestras observadas en la 1.<sup>a</sup> etapa lograron mejorar los límites condenatorios, solo un minibús salió observado, demostrando la efectividad del plan de mantenimiento. Así se consiguió los resultados esperados, se pudo disminuir los costos de mantenimiento, además de mejorar la disponibilidad de la flota vehicular.



## RECOMENDACIONES

- 1) Para sostener o aumentar la disponibilidad de la flota vehicular, se debe continuar con la aplicación del plan de mantenimiento basado en análisis de aceite, puesto que es muy beneficioso para los intereses de la empresa.
- 2) Para poder sostener o aumentar la disponibilidad de la flota vehicular, el promedio total de tiempo de parada no debe superar las 61.3 horas trimestrales, porque se debe mantener la proporcionalidad inversa.
- 3) La disponibilidad de la flota vehicular se mantendrá o incrementará cuando el número de paradas por averías no supere el promedio de 8.6 paradas trimestrales, por tanto, es muy importante seguir aplicando el plan de mantenimiento.
- 4) Continuar aplicando el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite significa que se mantendrán o reducirán los costos de mantenimiento mecánico, entonces, es muy importante entender sus beneficios a futuro.
- 5) El personal técnico debe recibir capacitaciones constantes sobre los procedimientos obligatorios a cumplir para efectuar correctamente los muestreos de aceite y obtener resultados verídicos.
- 6) Cada vez que se tenga los resultados de análisis de aceite, se debe comparar mediante cuadros y analizar cada detalle para obtener una buena conclusión.
- 7) Para obtener resultados verídicos sobre el estado del motor, se debe tomar las muestras de aceite dos a tres veces para el análisis correspondiente y si es posible también aplicar otras herramientas tecnológicas que permiten detectar posibles fallas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **COLÍNDRES, W.** Diseño de un plan de mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite con aplicación de la norma ISO 4406:17 en la planta de pastas de una mina extractora de plata en Guatemala. Guatemala. Tesis (Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento) . Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala, 2019. 101 pp. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12636/>
2. **DÍAZ DEL CASTILLO, F.** *Tribología: Fricción. Desgaste y Lubricación*. Cuautitlán Izcall: Departamento de Ingeniería - Laboratorio de Tecnología de Materiales, 2007. <http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>
3. **GALARZA, J.** Plan de mantenimiento basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad de la Excavadora Caterpillar 390FL de Stracon GYM - Cajamarca. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3668/Galarza%20Mendoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. **GARCÍA, R.** Escuela de Ingenierías Marítimas. [En línea] Ingeniero Marino, 25 de enero de 2018. [Citado el: 09 de agosto de 2021.] <https://ingenieromarino.com/lubricantes-tribologia/>.
5. **GUEVARA, C.** Propuesta de un plan de mantenimiento predictivo basado en la técnica de análisis de aceites en vehículos críticos de la flota Timon S.A. Bucaramanga. Facultad de Ingeniería. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Santander: Universidad Industrial de Santander, 2016.
6. **INTI, D. y ÁLVAREZ, F.** Mantenimiento predictivo por análisis de aceite, para optimizar costos operativos por disponibilidad, Montacargas P33000. Siderúrgica del Perú S. A. A. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Industrial) Chimbote: Universidad César Vallejo, 2019. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27573/Inti\\_MDM-Alvarez\\_CFR.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27573/Inti_MDM-Alvarez_CFR.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
7. **UNIVERSIDAD de Las Palmas de Gran Canaria.** Mantenimiento predictivo - proactivo a través del análisis de aceite. España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2002. [https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/3/3206/Curso\\_Lubricantes.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/3/3206/Curso_Lubricantes.pdf)
8. **LEÓN LECCA, L.** Mantenimiento proactivo basado en el análisis y monitoreo de aceite lubricante aplicado a la flota de Tractocamiones Freightliner. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico) Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9492/LE%C3%93N%20LECCA,%20Luis%20Fernando.pdf?sequence=1>

9. **MARTÍNEZ , A.** Motores de combustión interna. Treball de recerca. Sant Celoni : IES Baix Montseny, 2007.
10. **QUINTERO MANZANO, J.** Mantenimiento proactivo basado en análisis de aceite para la flota de tractocamiones de la empresa multiservicios San Martín S. A. S. Bucaramanga - Bogotá. Facultad de Ingeniería. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Santander: Universidad Industrial de Santander, 2017.
11. **RODRÍGUEZ, H.** Ingemecánica. Lubricantes de automoción. [En línea] Ingeniería, Consultoría y Formación, 05 de junio de 2018. [Citado el: 09 de agosto de 2021.] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn68.html>.
12. **ZAPANA, V.** Diseño de un plan de mantenimiento predictivo basado en la condición de lubricante de motores diésel de Locomotoras EMD GR. 12. en la ruta sur oriente. Tesis (Título profesional de Ingeniero Mecánico) Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019

## ANEXOS

### ANEXO 1. CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM1 (7500 KM)

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM1 (7500 Km)</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLIDO</b>	<b>PENDIENTE</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	<b>MOTOR</b>				
1	Aceite y elemento filtrante: Cambiar				
2	Filtro de combustible: Cambiar elemento filtrante				
3	Filtro de aire: Verificar necesidad de limpieza a través del indicador de mantenimiento				
4	Sistema de refrigeración: Verificar nivel del líquido refrigerante				
5	Correas/Fajas del motor: Verificar estado y tensión				
6	Fijación del motor: Verificar fijación de los soportes de goma				
7	Conducto de admisión entre filtro de aire y motor: Verificar estado y fijaciones. Reajustar abrazaderas si es necesario				
8	Sistema de escape de gases: Verificar estado y fijaciones				
	<b>EMBRAGUE, CAJA DE CAMBIOS Y DIFERENCIAL</b>				
9	Embrague: Verificar nivel del líquido				
10	Caja de cambios: Limpiar el respiradero				
11	Diferencial: Limpiar el respiradero				
12	Árbol de transmisión: Lubricar las juntas universales y manguito deslizante				
13	Árbol de transmisión: Verificar las juntas universales, manguito deslizante y cojinetes centrales si tienen huelgo				
	<b>FRENOS</b>				
14	Depósito del líquido de frenos: Verificar el nivel y las conexiones				
15	Pedal: Verificar el huelgo, si es necesario regular				
16	Fajas/Pastillas: Verificar holgura y regular				
17	Freno de mano: Verificar la palanca, cable y terminal. Si es necesario regular				
	<b>CUBOS DE RUEDAS, EJE DELANTERO, DIRECCIÓN, RUEDAS Y NEUMÁTICOS</b>				
18	Dirección hidráulica: Verificar nivel del líquido, pérdidas y estado de mangueras, tuberías y conexiones				
19	Brazos, barras de unión y dirección: Verificar fijación y estado de los terminales				
20	Junta universal de la columna de dirección: Verificar y Lubricar				
21	Sistema de dirección: Verificar desgaste de los neumáticos y regular convergencia si es necesario				
22	Tuercas de las ruedas: Verificar apriete				
23	Neumáticos: Calibrar presión de aire				
	<b>SUSPENSIÓN</b>				
24	Hojas de muelles, soportes, amortiguadores, gemelos y barras estabilizadoras: Verificar estado y fijaciones				
	<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>				
25	Luces: Verificar luces exteriores e interiores				
26	Batería: Verificar y limpiar los terminales				

## ANEXO 2. CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 (30000 KM)

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 (30000 Km)</b>					
ÍTEM	SISTEMA	CUMPLIDO	PENDIENTE	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
<b>MOTOR</b>					
1	Aceite y elemento filtrante: Cambiar				
2	Filtro de combustible: Cambiar elemento filtrante				
3	Filtro racor separador de combustible: Cambiar				
4	Filtro de aire: Cambiar				
5	Sistema de refrigeración: Verificar nivel del líquido				
6	Vicostático del ventilador: Verificar estado y fijación				
7	Correas/Fajas del motor: Verificar estado y tensión				
8	Fijación del motor: Verificar fijación de los soportes de goma				
9	Conducto de admisión entre filtro de aire y motor: Verificar estado y fijaciones. Realajustar abrazaderas si es necesario				
10	Sistema de escape de gases: Verificar estado y fijaciones				
<b>EMBRAGUE, CAJA DE CAMBIOS Y DIFERENCIAL</b>					
11	Embrague: Verificar nivel del líquido				
12	Caja de cambios: Verificar el nivel y limpiar el respiradero				
13	Embrague: Lubricar bujes del eje de la horquilla de accionamiento				
14	Direccional: Verificar nivel del aceite y limpiar respiradero				
15	Árbol de transmisión: Lubricar las juntas universales y manguito deslizante				
16	Árbol de transmisión: Verificar las juntas universales, manguito deslizante y cojinetes centrales si tienen huelgo				
<b>FRENOS</b>					
17	Depósito del líquido de frenos: Verificar el nivel y las conexiones				
18	Pedal: Verificar el huelgo, si es necesario regular la altura				
19	Fajas/Pastillas: Verificar holgura, regular y purgar				
20	Freno de mano: Verificar la palanca, cable y terminal. Si es necesario regular				
<b>CUBOS DE RUEDAS, EJE DELANTERO, DIRECCIÓN, RUEDAS Y NEUMÁTICOS</b>					
21	Dirección hidráulica: Verificar nivel del líquido, pérdidas y estado de mangureras, tuberías y conexiones				
22	Brazos, barras de unión y dirección: Verificar fijación y estado de las rótulas				
23	Junta universal de la columna de dirección: Verificar y Lubricar				
24	Sistema de dirección: Verificar desgaste de los neumáticos y regular convergencia si es necesario				
25	Pernos maestros: Verificar apriete y lubricar				
26	Tuercas de las ruedas: Verificar apriete				
27	Neumáticos: Calibrar presión de aire				
28	Rodamientos de los cubos de las ruedas delanteras: Verificar huelgo y ajustar si es necesario				
29	Rodamientos de los cubos de las ruedas posteriores: Verificar huelgo y ajustar si es necesario				
<b>SUSPENSIÓN</b>					
30	Hojas de muelles, soportes, amortiguadores, gemelos y barras estabilizadoras: Verificar estado y fijaciones				
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>					
31	Batería: Limpiar y verificar los terminales, verificar nivel y densidad del electrolito				
32	Luces: Verificar luces exteriores e interiores				
33	Conecciones eléctricas del motor: Verificar fijaciones				


### ANEXO 3. CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 (60000 KM)

	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 (60000 Km)</b>							
ÍTEM	SISTEMA	CUMPLIDO	PENDIENTE	RESPONSABLE	OBSERVACIONES			
	<b>MOTOR</b>							
1	Aceite y elemento filtrante: Cambiar							
2	Filtro de combustible: Cambiar elemento filtrante							
3	Filtro racor separador de combustible: Cambiar							
4	Filtro de aire: Cambiar							
5	Sistema de refrigeración: Verificar nivel del líquido refrigerante							
6	Vicostático del ventilador: Verificar estado y fijación							
7	Correas/Fajas del motor: Verificar estado y tensión							
8	Fijación del motor: Verificar fijación de los soportes de goma							
9	Conducto de admisión entre filtro de aire y motor: Verificar estado y fijaciones. Reajustar abrazaderas si es necesario							
10	Sistema de escape de gases: Verificar estado y fijaciones							
	<b>EMBRAGUE, CAJA DE CAMBIOS Y DIFERENCIAL</b>							
11	Embrague: Verificar nivel del líquido							
12	Caja de cambios: Cambiar el aceite y limpiar el respiradero							
13	Embrague: Lubricar bujes del eje de la horquilla de accionamiento							
14	Direccional: Cambiar el aceite y limpiar el respiradero							
15	Árbol de transmisión: Lubricar las juntas universales y manguito deslizante							
16	Árbol de transmisión: Verificar las juntas universales, manguito deslizante y cojinetes centrales si tienen huelgo							
	<b>FRENOS</b>							
17	Depósito del líquido de frenos: Verificar el nivel y las conexiones							
18	Bomba principal y bombas auxiliares: Verificar el accionamiento normal							
19	Pedal: Verificar el huelgo, si es necesario regular la altura							
20	Tambor/Disco: Verificar que no presente grietas, rajaduras							
21	Fajas/Pastillas: Verificar holgura y regular							
22	Freno de mano: Verificar la palanca, cable y terminal. Si es necesario regular							
	<b>CUBOS DE RUEDAS, EJE DELANTERO, DIRECCIÓN, RUEDAS Y NEUMÁTICOS</b>							
23	Dirección hidráulica: Verificar el nivel, estado de mangueras, tuberías y conexiones							
24	Caja de dirección: Verificar fijaciones							
25	Brazos, barras de unión y dirección: Verificar fijación y estado de las rótulas, terminales							
26	Junta universal de la columna de dirección: Verificar y Lubricar							
27	Sistema de dirección: Verificar desgaste de los neumáticos y regular convergencia si es necesario							
28	Pernos maestros: Verificar apriete y lubricar							
29	Tuercas de las ruedas: Verificar apriete							
30	Neumáticos: Calibrar presión de aire							
31	Rodamientos de los cubos de las ruedas delanteras: Cambiar grasa a los cubos, verificar los rodamientos							
32	Rodamientos de los cubos de las ruedas posteriores: Realizar el mantenimiento							
	<b>SUSPENSIÓN</b>							
33	Hojas de muelles, soportes, amortiguadores, gemelos y barras estabilizadoras: Verificar estado y fijaciones. Cambiar si es necesario							
	<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>							
34	Batería: Realizar el mantenimiento							
35	Luces: Verificar luces exteriores e interiores							
36	Freno de motor: Verificar interruptores y regulaje							
37	Alternador: Realizar el mantenimiento							
38	Conecciones eléctricas del motor: Verificar fijaciones							
39	Motor de arranque: Realizar el mantenimiento							
	<b>SISTEMA ELECTRÓNICO</b>							
40	Sensore de temperatura del motor							
41	Sersor de posición del cigüeñal							
42	Sensor de posición de árbol de levas							
43	Sensor de frenos ABS							
44	Sensor potenciómetro							
45	Sensor de admisión y presión de aire							
46	Conectores de la ECU							

## ANEXO 4. CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 (120000 KM)

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 (120000 Km)					
ÍTEM	SISTEMA	CUMPLIDO	PENDIENTE	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
<b>MOTOR</b>					
1	Aceite y elemento filtrante: Cambiar				
2	Filtro de combustible: Cambiar elemento filtrante				
3	Filtro racor separador de combustible: Cambiar				
4	Filtro de aire: Cambiar				
5	Sistema de refrigeración: Cambiar el líquido refrigerante				
6	Válvula termostato: Probar				
7	Inyectores: Retirar y probar				
8	Tanque de combustible: Drenar y limpiar internamente				
9	Filtro boya de combustible: Limpiar				
10	Válvulas de admisión y escape: Regular huelgo				
11	Vicostático del ventilador: Verificar estado y fijación				
12	Correas/Fajas del motor: Verificar estado y tensión				
13	Fijación del motor: Verificar fijación de los soportes de goma				
14	Turbo alimentador: Verificar eje, rotor y capa				
15	Conducto de admisión entre filtro de aire y motor: Verificar estado y fijaciones. Reajustar abrazaderas si es necesario				
16	Sistema de escape de gases: Verificar estado y fijaciones				
<b>EMBRAGUE, CAJA DE CAMBIOS Y DIFERENCIAL</b>					
17	Embrague: Cambiar el líquido				
18	Caja de cambios: Cambiar el aceite y limpiar respiradero				
19	Embrague: Verificar y lubricar bujes del eje de la horquilla de accionamiento				
20	Direncial: Cambiar el aceite y limpiar respiradero				
21	Árbol de transmisión: Lubricar las juntas universales y manguito deslizante				
22	Árbol de transmisión: Verificar las juntas universales, manguito deslizante y cojinetes centrales si tienen huelgo.				
<b>FRENOS</b>					
23	Líquido de freno: Cambiar				
24	Depósito del líquido de freno: Verificar las conexiones				
25	Bomba principal y bombas auxiliares: Verificar el accionamiento normal				
26	Pedal: Verificar el huelgo, si es necesario regular la altura				
27	Tambor/Disco: Verificar que no presente grietas, rajaduras				
28	Fajas/Pastillas: Verificar el estado, la holgura y regular. Cambiar si es necesario				
29	Freno de mano: Verificar la palanca, cable. Si es necesario cambiar el cable				
<b>CUBOS DE RUEDAS, EJE DELANTERO, DIRECCIÓN, RUEDAS Y NEUMÁTICOS</b>					
30	Dirección hidráulica: Cambiar el líquido hidráulico				
31	Dirección hidráulica: Verificar el estado de mangueras, tuberías y conexiones				
32	Caja de dirección: Verificar fijaciones				
33	Brazos, barras de unión y dirección: Verificar fijación y estado de las rótulas, terminales				
34	Junta universal de la columna de dirección: Verificar y Lubricar				
35	Sistema de dirección: Verificar desgaste de los neumáticos y regular convergencia si es necesario				
36	Pernos maestros: Verificar apriete y lubricar				
37	Tuercas de las ruedas: Verificar apriete				
38	Neumáticos: Calibrar presión de aire				
39	Rodamientos de los cubos de las ruedas delanteras: Cambiar grasa a los cubos, verificar los rodamientos				
40	Rodamientos de los cubos de las ruedas posteriores: Realizar el mantenimiento				
<b>SUSPENSIÓN</b>					
41	Hojas de muelles, soportes, amortiguadores, gemelos y barras estabilizadoras: Verificar estado y fijaciones				
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>					
42	Batería: Realizar el mantenimiento				
43	Luces: Verificar luces exteriores e interiores				
44	Freno de motor: Verificar interruptores y regulaje				
45	Alternador: Realizar el mantenimiento				
46	Conexiones eléctricas del motor: Verificar fijaciones				
47	Motor de arranque: Realizar el mantenimiento				
<b>SISTEMA ELECTRÓNICO</b>					
48	Sensore de temperatura del motor				
49	Sensor de posición del cigüeñal				
50	Sensor de posición de árbol de levas				
51	Sensor de frenos ABS				
52	Sensor potenciómetro				
53	Sensor de admisión y presión de aire				
54	Conectores de la ECU				

**ANEXO 5. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ACEITE, EMITIDOS POR EL LABORATORIO SGS DEL PERÚ S. A. C.  
PLACA: A5Z-796**



**SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS**  
**MORE THAN OIL ANALYSIS**

---

**CONTACTOS**

**Administración**  
OGC COMERCIAL  
Teléfono: (511)5171900 Ext1371

**Técnico**  
Lic. Jesenia Alvarado

**Venta**  
Karla Carquin  
Teléfono: +51015171900

**Resultados Online**  
<https://sofia.sgs.com>

Contraseña Internet: SY000347

OMAR DELGADO DAZA  
Mr  
3er paradero de San Sebastián - CUSCO

8004 CUSCO  
PERÚ

**MUESTRA**

Muestra	JU462203
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
Conjunto de ensayos	ELPE+WPI

---

**EQUIPO**

Nº Registro	01793991/AMOT
Descripción Equipo	HYUNDAI / COUNTY / MINIBUS / D4ALA442160
Descripción Componente	MOTOR
Nº flota	CUSCO - LOS LEONES
Ref ID	A5Z796

**MUESTRA**

Muestra	JU462203
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
Conjunto de ensayos	ELPE+WPI

---

**Diagnostico 29/10/2021**


1. SALUD: Viscosidad dentro del rango de servicio. Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACIÓN: No hay evidencia de contaminación. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.

---

**Evolución**

Muestra	JU462203
Fecha Muestreo	18/10/2021

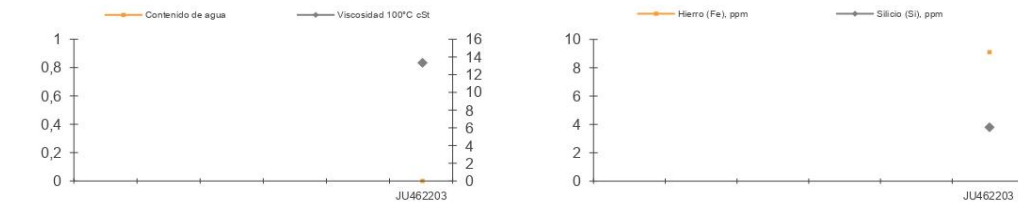
Contaminación  
 Desgaste  
 Lubricante



---

**Diagnostico**

Contenido de agua	Viscosidad 100°C cSt
Hierro (Fe), ppm	Silicio (Si), ppm



Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/erv/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo. Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

---

SGS del Perú S.A.C

Av. Elmer Faucett 3348

Callao 1

Teléfono: 5171900 anexo:1632



## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462203
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	325122
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	/ / / / / / NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	13.34
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	0.6
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	7.64
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	9.1
Cromo (Cr), ppm	0.3
Plomo (Pb), ppm	0.2
Cobre (Cu), ppm	0.7
Estaño (Sn), ppm	0.0
Aluminio (Al), ppm	1.4
Níquel (Ni), ppm	0.0
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	3.8
Boro (B), ppm	84
Sodio (Na), ppm	3.9
Magnesio (Mg), ppm	705
Molibdeno (Mo), ppm	0.5
Titanio (Ti), ppm	0.0
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.2
Potasio (K), ppm	2.6
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	655
Zinc (Zn), ppm	742
Calcio (Ca), ppm	1296
Bario (Ba), ppm	0.43
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollin %	0.28
Oxidación A/0.1 mm	0.087
Nitración A/0.1 mm	0.097
Sulfatación A/0.1 mm	0.049
Hollin A/0.1 mm	0.206
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Indice PQ	3

# ANEXO 6. PLACA: C6M-968



**SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS**  
**MORE THAN OIL ANALYSIS**

### CONTACTOS

**Administración**  
 OGC COMERCIAL  
 Teléfono: (511)5171900 Ext1371

**Técnico**  
 Lic. Jesenia Alvarado

**Venta**  
 Karla Carquin .  
 Teléfono: +51015171900

OMAR DELGADO DAZA  
 Mr  
 3er paradero de San Sebastian -  
 CUSCO

8004 CUSCO  
 PERÚ

### Resultados Online

<https://sofia.sgs.com>

Contraseña Internet: SY000347

### EQUIPO

**N° Registro** 01793997/AMOT  
**Descripción Equipo** HYUNDAI / COUNTY / MINIBUS / D4DDD548974  
**Descripción Componente** MOTOR  
**N° flota** CUSCO - LOS LEONES  
**Ref ID** C6M968

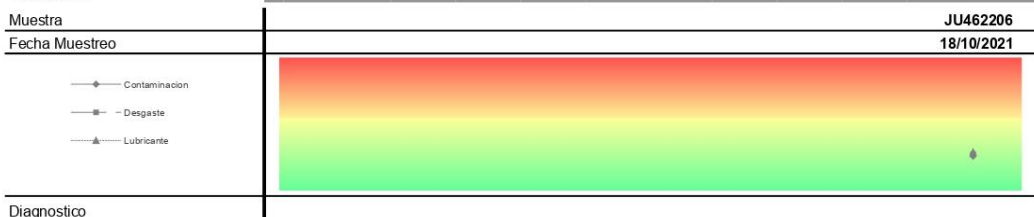
### MUESTRA

**Muestra** JU462206  
**Fecha Muestreo** 18/10/2021  
**Fecha de recepción** 27/10/2021  
**Lubricante** MOBIL DELVAC TMMX 15W40  
**Conjunto de ensayos** ELPE+WPI

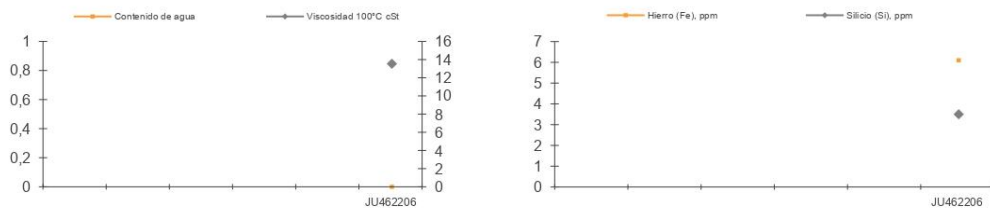
### Diagnostico 29/10/2021

1. SALUD: Viscosidad dentro del rango de servicio. Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACIÓN: No hay evidencia de contaminación. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.

### Evolución



### Diagnostico




Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo.  
 Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

SGS del Perú S.A.C | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Teléfono: 5171900 anexo:1632


## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462206
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	288480
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	/ / / / / / / NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	13.54
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	0.7
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	7.91
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	6.1
Cromo (Cr), ppm	0.2
Plomo (Pb), ppm	0.3
Cobre (Cu), ppm	1.8
Estaño (Sn), ppm	0.0
Aluminio (Al), ppm	1.1
Níquel (Ni), ppm	0.0
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	3.5
Boro (B), ppm	80
Sodio (Na), ppm	3.7
Magnesio (Mg), ppm	710
Molibdeno (Mo), ppm	0.4
Titanio (Ti), ppm	0.0
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.2
Potasio (K), ppm	2.8
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	672
Zinc (Zn), ppm	764
Calcio (Ca), ppm	1287
Bario (Ba), ppm	0.01
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollin %	0.48
Oxidación A/0.1 mm	0.045
Nitración A/0.1 mm	0.096
Sulfatación A/0.1 mm	0.038
Hollin A/0.1 mm	0.310
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Indice PQ	3

# ANEXO 7. PLACA: D5Q-734



**SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS**  
**MORE THAN OIL ANALYSIS**



---

**CONTACTOS**

**Administración**  
OGC COMERCIAL  
Teléfono: (511)5171900 Ext1371

**Técnico**  
Lic. Jesenia Alvarado

**Venta**  
Karla Carquin .  
Teléfono: +51015171900

**Resultados Online**  
<https://sofia.sgs.com>

Contraseña Internet: SY000347

**Diagnostico 29/10/2021**

OMAR DELGADO DAZA  
Mr  
3er paradero de San Sebastian -  
CUSCO

8004 CUSCO  
PERÚ

**MUESTRA**

Muestra	JU462205
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
Conjunto de ensayos	ELPE+WPI+SAWS

---

**EQUIPO**

N° Registro	01793995/AMOT
Descripción Equipo	HYUNDAI / COUNTY / MINIBUS / D4DDC517428
Descripción Componente	MOTOR
N° flota	CUSCO - LOS LEONES
Ref ID	D5Q734


1. SALUD: Viscosidad a 100°C baja en estado crítico para el lubricante informado. TBN por debajo del límite inferior de servicio. Posible degradación del lubricante.

Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACIÓN: Ligera presencia de diluyente/combustible. Podría haber reducido la viscosidad. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Verificar el nombre del aceite lubricante para una correcta interpretación de los resultados. Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.

---

**Evolución**

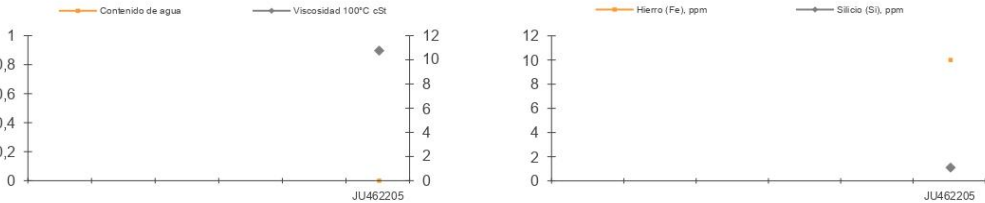
Muestra	JU462205
Fecha Muestreo	18/10/2021



---

**Diagnostico**

**Precaución**



---

Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo.


Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

SGS del Perú S.A.C
Av. Elmer Faucett 3348
Callao 1
Teléfono: 5171900 anexo:1632

## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462205
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	309112
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	/ / / / / / NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	10.76
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	0.7
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	2.01
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	10
Cromo (Cr), ppm	0.5
Plomo (Pb), ppm	0.8
Cobre (Cu), ppm	0.8
Estaño (Sn), ppm	0.0
Aluminio (Al), ppm	1.2
Níquel (Ni), ppm	0.0
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	1.1
Boro (B), ppm	4.4
Sodio (Na), ppm	1.1
Magnesio (Mg), ppm	50.7
Molibdeno (Mo), ppm	0.3
Titano (Ti), ppm	0.0
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.0
Potasio (K), ppm	0.0
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	236
Zinc (Zn), ppm	288
Calcio (Ca), ppm	800
Bario (Ba), ppm	0.00
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollin %	0.41
Oxidación A/0.1 mm	0.027
Nitración A/0.1 mm	0.021
Sulfatación A/0.1 mm	<0.020
Hollín A/0.1 mm	0.275
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Índice PQ	17
<b>Porcentaje dilución por masa</b>	
Dilution by mass % m/m	0.60

## ANEXO 8. PLACA: X1K-950



**SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS**  
**MORE THAN OIL ANALYSIS**

---

**CONTACTOS**

**Administración**  
OGC COMERCIAL  
Teléfono: (511)5171900 Ext1371

**Técnico**  
Lic. Jesenia Alvarado

**Venta**  
Karla Carquin .  
Teléfono: +51015171900

**Resultados Online**  
<https://sofia.sgs.com>

Contraseña Internet: SY000347

OMAR DELGADO DAZA  
Mr  
3er paradero de San Sebastian -  
CUSCO

8004 CUSCO  
PERÚ

**EQUIPO**

N° Registro	01794001/AMOT
Descripción Equipo	MITSUBISHI FUSO / MF-100 / MINIBUS / 4D34M61213
Descripción Componente	MOTOR
N° flota	CUSCO - LOS LEONES
Ref ID	X1K950

**MUESTRA**

Muestra	JU462208
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
Conjunto de ensayos	ELPE+WPI

---


**Diagnostico 29/10/2021**

1. SALUD: Viscosidad dentro del rango de servicio.  
 Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACIÓN: No hay evidencia de contaminación. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.

---

**Evolución**

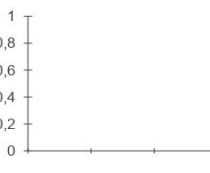
Muestra	JU462208
Fecha Muestreo	18/10/2021



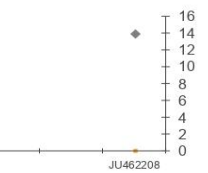

---

**Diagnostico**

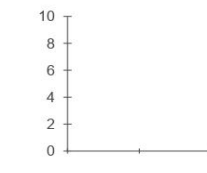
Contenido de agua



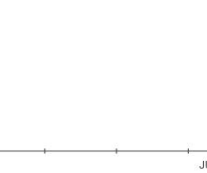
Viscosidad 100°C cSt



Hierro (Fe), ppm



Silicio (Si), ppm



Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo.  
 Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

SGS del Perú S.A.C | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Teléfono: 5171900 anexo:1632

## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462208
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	525910
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	/ / / / / / NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	13.89
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	0.4
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	7.12
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	7.8
Cromo (Cr), ppm	0.5
Plomo (Pb), ppm	0.3
Cobre (Cu), ppm	0.2
Estaño (Sn), ppm	0.0
Aluminio (Al), ppm	1.1
Níquel (Ni), ppm	0.0
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	3.2
Boro (B), ppm	81
Sodio (Na), ppm	3.8
Magnesio (Mg), ppm	721
Molibdeno (Mo), ppm	0.1
Titanio (Ti), ppm	0.0
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.2
Potasio (K), ppm	2.6
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	680
Zinc (Zn), ppm	768
Calcio (Ca), ppm	1308
Bario (Ba), ppm	0.04
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollin %	0.92
Oxidación A/0.1 mm	0.040
Nitración A/0.1 mm	0.110
Sulfatación A/0.1 mm	0.051
Hollin A/0.1 mm	0.537
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Índice PQ	0

# ANEXO 9. PLACA: X3B-787



**SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS**  
**MORE THAN OIL ANALYSIS**

### CONTACTOS

**Administración**  
 OGC COMERCIAL  
 Teléfono: (511)5171900 Ext1371  
**Técnico**  
 Lic. Jesenia Alvarado  
**Venta**  
 Karla Carquin .  
 Teléfono: +51015171900

OMAR DELGADO DAZA  
 Mr  
 3er paradero de San Sebastian -  
 CUSCO  
 8004 CUSCO  
 PERÚ

### Resultados Online

https://sofia.sgs.com  
 Contraseña Internet: SY000347

### EQUIPO

**Nº Registro** 01793993/AMOT  
**Descripción Equipo** MITSUBISHI FUSO / ROSA / MINIBUS / 4M50D79511  
**Descripción Componente** MOTOR  
**Nº flota** CUSCO - LOS LEONES  
**Ref ID** X3B787

### MUESTRA

**Muestra** JU462204  
**Fecha Muestreo** 18/10/2021  
**Fecha de recepción** 27/10/2021  
**Lubricante** MOBIL DELVAC TMMX 15W40  
**Conjunto de ensayos** ELPE+WPI

### Diagnostico 29/10/2021

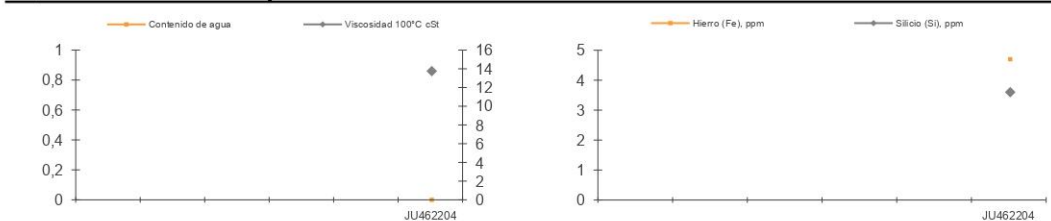
1. SALUD: Viscosidad dentro del rango de servicio. Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACIÓN: No hay evidencia de contaminación. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.

### Evolución

Muestra	JU462204
Fecha Muestreo	18/10/2021



### Diagnostico



Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo. Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

SGS del Perú S.A.C | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Teléfono: 5171900 anexo:1632



## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462204
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	320111
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	/ / / / / / / NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	13.75
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	0.6
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	7.17
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	4.7
Cromo (Cr), ppm	0.0
Plomo (Pb), ppm	0.2
Cobre (Cu), ppm	0.1
Estaño (Sn), ppm	0.0
Aluminio (Al), ppm	0.8
Níquel (Ni), ppm	0.0
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	3.6
Boro (B), ppm	83
Sodio (Na), ppm	3.7
Magnesio (Mg), ppm	739
Molibdeno (Mo), ppm	0.5
Titanio (Ti), ppm	0.0
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.2
Potasio (K), ppm	2.7
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	681
Zinc (Zn), ppm	775
Calcio (Ca), ppm	1314
Bario (Ba), ppm	0.06
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollin %	0.26
Oxidación A/0.1 mm	0.036
Nitración A/0.1 mm	0.081
Sulfatación A/0.1 mm	0.027
Hollin A/0.1 mm	0.196
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Índice PQ	0

# ANEXO 10. PLACA: X3F-941



SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS  
MORE THAN OIL ANALYSIS



## CONTACTOS

**Administración**  
OGC COMERCIAL  
Teléfono: (511)5171900 Ext1371

**Técnico**  
Lic. Jesenia Alvarado

**Venta**  
Karla Carquin .  
Teléfono: +51015171900

OMAR DELGADO DAZA  
Mr  
3er paradero de San Sebastián -  
CUSCO

8004 CUSCO  
PERÚ

## Resultados Online

https://sofia.sgs.com

Contraseña Internet: SY000347

## EQUIPO

Nº Registro **01793987/AMOT**  
Descripción Equipo  
MITSUBISHI FUSO / ROSA / MINIBUS / 4M50D82305  
Descripción Componente  
MOTOR  
Nº flota CUSCO - LOS LEONES  
Ref ID X3F941

## MUESTRA

Muestra **JU462202**  
Fecha Muestreo 18/10/2021  
Fecha de recepción 27/10/2021  
Lubricante  
MOBIL DELVAC TMMX 15W40  
Conjunto de ensayos  
ELPE+WPI

## Diagnostico 29/10/2021

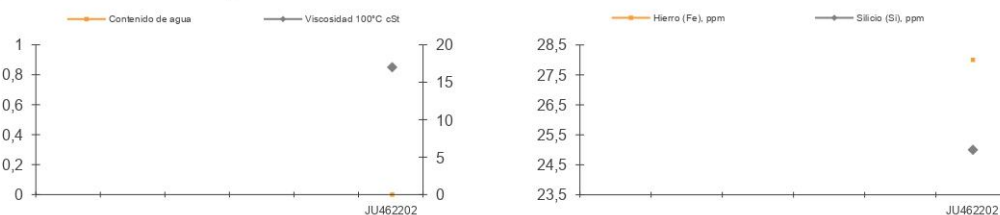
- SALUD:** Viscosidad a 100°C alta en estado de precaución para el lubricante informado. Valores de FTIR no representativos.
- CONTAMINACIÓN:** Presencia de silicio en estado de precaución. Identificar posibles accesos. Contaminación con hollín en estado crítico. Se debería a posible mala combustión, bajas temperaturas de operación.
- DESGASTES:** Desgastes normales.
- RECOMENDACIONES:** Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.

## Evolución

Muestra	JU462202
Fecha Muestreo	18/10/2021



Diagnostico Precaución



Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo. Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

SGS del Perú S.A.C | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Teléfono: 5171900 anexo:1632

## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462202
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	302610
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	17.00
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	1.1
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	6.18
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	28
Cromo (Cr), ppm	0.5
Plomo (Pb), ppm	0.7
Cobre (Cu), ppm	1.4
Estaño (Sn), ppm	0.1
Aluminio (Al), ppm	7.4
Níquel (Ni), ppm	0.0
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	25
Boro (B), ppm	86
Sodio (Na), ppm	4.9
Magnesio (Mg), ppm	684
Molibdeno (Mo), ppm	0.4
Titanio (Ti), ppm	0.2
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.5
Potasio (K), ppm	4.4
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	660
Zinc (Zn), ppm	738
Calcio (Ca), ppm	1240
Bario (Ba), ppm	0.20
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollin %	5.17
Oxidación A/0.1 mm	<0.020
Nitración A/0.1 mm	0.165
Sulfatación A/0.1 mm	0.178
Hollín A/0.1 mm	2.734
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Indice PQ	5

# ANEXO 11. PLACA: X3W-762



**SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS**  
**MORE THAN OIL ANALYSIS**



## CONTACTOS

**Administración**  
 OGC COMERCIAL  
 Teléfono: (511)5171900 Ext1371

**Técnico**  
 Lic. Jesenia Alvarado

**Venta**  
 Karla Carquin  
 Teléfono: +51015171900

OMAR DELGADO DAZA  
 Mr  
 3er paradero de San Sebastian -  
 CUSCO

8004 CUSCO  
 PERÚ

## Resultados Online

https://sofia.sgs.com

Contraseña Internet: SY000347

## EQUIPO

Nº Registro	01793999/AMOT
Descripción Equipo	HYUNDAI / COUNTY / MINIBUS / D4DDD546221
Descripción Componente	MOTOR
Nº flota	CUSCO - LOS LEONES
Ref ID	X3W762

## MUESTRA

Muestra	JU462207
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
Conjunto de ensayos	ELPE+WPI

## Diagnostico 29/10/2021

1. SALUD: Viscosidad dentro del rango de servicio. TBN por debajo del límite inferior de servicio. Posible degradación del lubricante.

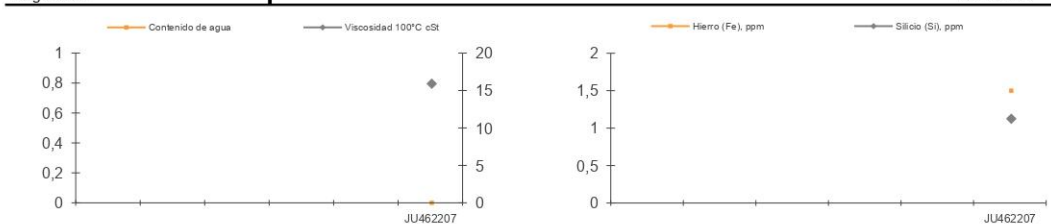
Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACIÓN: No hay evidencia de contaminación. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Verificar el nombre del aceite lubricante para una correcta interpretación de los resultados. Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.

## Evolución

Muestra	JU462207
Fecha Muestreo	18/10/2021



## Diagnostico



Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo.  
 Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

SGS del Perú S.A.C | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Teléfono: 5171900 anexo:1632

## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462207
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	379420
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	/ / / / / / / / / / NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	15.91
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	0.4
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	2.59
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	1.5
Cromo (Cr), ppm	0.0
Plomo (Pb), ppm	0.0
Cobre (Cu), ppm	0.0
Estaño (Sn), ppm	0.0
Aluminio (Al), ppm	0.6
Níquel (Ni), ppm	0.0
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	0.9
Boro (B), ppm	4.9
Sodio (Na), ppm	0.0
Magnesio (Mg), ppm	48.3
Molibdeno (Mo), ppm	0.2
Titanio (Ti), ppm	0.0
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.0
Potasio (K), ppm	0.5
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	243
Zinc (Zn), ppm	284
Calcio (Ca), ppm	818
Bario (Ba), ppm	0.00
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollin %	0.00
Oxidación A/0.1 mm	<0.020
Nitración A/0.1 mm	<0.020
Sulfatación A/0.1 mm	<0.020
Hollín A/0.1 mm	0.058
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Indice PQ	0

# ANEXO 12. PLACA: X6Y-958



SGS VERNOLAB - DIAGNOSTICS  
MORE THAN OIL ANALYSIS



### CONTACTOS

**Administración**  
OGC COMERCIAL  
Teléfono: (511)5171900 Ext1371

**Técnico**  
Lic. Jesenia Alvarado

**Venta**  
Karla Carquin  
Teléfono: +51015171900

**Resultados Online**  
<https://sofia.sgs.com>

Contraseña Internet: SY000347

OMAR DELGADO DAZA  
Mr  
3er paradero de San Sebastian -  
CUSCO

8004 CUSCO  
PERÚ

### EQUIPO

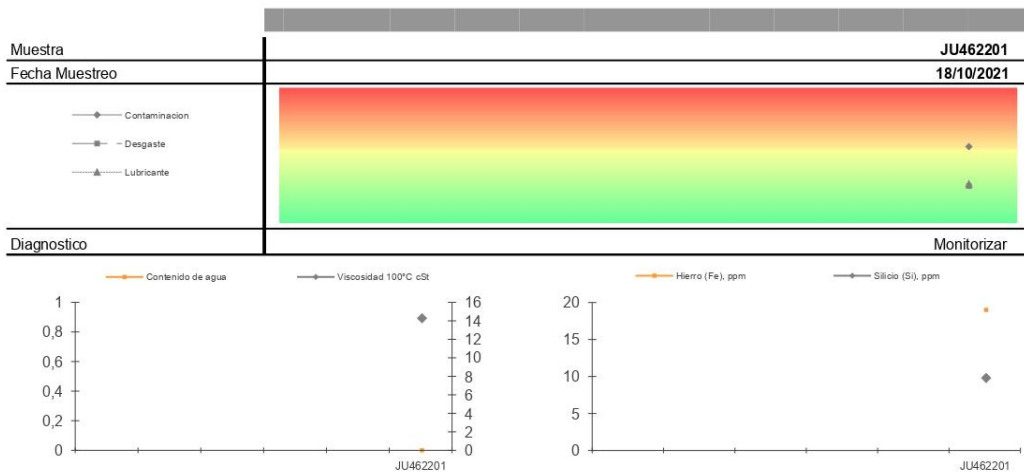
Nº Registro	01793978/AMOT
Descripción Equipo	MITSUBISHI FUSO / MF-100 / MINIBUS / 4D34N68209
Descripción Componente	MOTOR
Nº flota	CUSCO - LOS LEONES
Ref ID	X6Y958

### MUESTRA

Muestra	JU462201
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
Conjunto de ensayos	ELPE+WPI

### Diagnostico 29/10/2021

1. SALUD: Viscosidad dentro del rango de servicio. Valores de FTIR no representativos. 2. CONTAMINACIÓN: Contaminación con hollín en estado de precaución. Se debería a posible mala combustión, bajas temperaturas de operación. 3. DESGASTES: Desgastes normales. 4. RECOMENDACIONES: Continuar con el envío de muestra para monitoreo de resultados.



Este documento es emitido por la Compañía bajo las condiciones generales de servicio accesible en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se llama la atención a la limitación de las cuestiones de responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en el mismo. Se notifica a todo titular de este documento que la información contenida en adelante refleja los resultados de la Compañía solo en el momento y dentro de los límites de las instrucciones de intervención del Cliente, si los hubiere. La Responsabilidad de la empresa es exclusiva a su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción a ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada, la falsificación del contenido o del aspecto de este documento es ilegal y los infractores pueden ser procesados con todo el peso de la ley.

SGS del Perú S.A.C | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Teléfono: 5171900 anexo:1632

## RESULTADOS

Orden	1
Muestra	JU462201
Fecha Muestreo	18/10/2021
Fecha de recepción	27/10/2021
Fecha Diagnostico	29/10/2021
Vida del Equipo, Km.	250120
Vida del Aceite, Km.	-
Cambio Aceite / Filtro	/ / / / / / / NO /
Rellenado	-
Lubricante	MOBIL DELVAC TMMX 15W40
<b>Viscosidad 100°C ASTM D7279-18</b>	
Viscosidad 100°C cSt	14.28
<b>Agua ANA-MET-OGC.1</b>	
Agua	NEGATIVO
<b>Spot test ANA-MET-OGC.2</b>	
IC- Índice de contaminación	1.1
Dispersancia	REGULAR
<b>TBN ANA-MET-OGC.3</b>	
TBN mg KOH/g	6.17
<b>Metales por ASTM D5185-18</b>	
Hierro (Fe), ppm	19
Cromo (Cr), ppm	1.9
Plomo (Pb), ppm	0.6
Cobre (Cu), ppm	1.0
Estaño (Sn), ppm	0.1
Aluminio (Al), ppm	3.2
Níquel (Ni), ppm	0.3
Plata (Ag), ppm	0.0
Silicio (Si), ppm	9.8
Boro (B), ppm	79
Sodio (Na), ppm	4.3
Magnesio (Mg), ppm	707
Molibdeno (Mo), ppm	0.2
Titanio (Ti), ppm	0.0
Vanadio (V), ppm	0.1
Manganeso (Mn), ppm	0.3
Potasio (K), ppm	3.1
Cadmio (Cd), ppm	0.0
Fósforo (P), ppm	661
Zinc (Zn), ppm	745
Calcio (Ca), ppm	1267
Bario (Ba), ppm	0.42
<b>FTIR ASTM E2412-10(2018)</b>	
Hollín %	2.65
Oxidación A/0.1 mm	0.046
Nitración A/0.1 mm	0.149
Sulfatación A/0.1 mm	0.095
Hollín A/0.1 mm	1.429
<b>Densidad Ferrosa ASTM D8184-18</b>	
Índice PQ	6

### **ANEXO 13. LABORATORIO SGS DEL PERÚ S. A. C.**

Dirección: Av. Elmer Faucett 3348, Callao 07036 – Lima.

Teléfono: (01) 5171900, anexo: 1632.

Para garantizar la calidad de sus servicios son evaluados constantemente por organizaciones nacionales e internacionales, teniendo la capacidad de adaptarse a los requerimientos específicos de cada cliente. Respaldados por las siguientes normativas:

- ISO 9001
- ISO 14001
- OHSAS 18001
- NTP-ISO/IEC 17020
- NTP-ISO/IEC 17025
- NTP-ISO/IEC 17065

### **EDIFICIO DEL LABORATORIO SGS DEL PERÚ S. A. C.**





**ANEXO 14. PUERTA PRINCIPAL DEL LABORATORIO SGS DEL PERÚ S. A. C.**



**ANEXO 15. PRUEBA DE CONTEO DE PARTÍCULAS DEL ACEITE**

