



Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Ingeniería de Mantenimiento

Evaluación de las condiciones que permitan extender el periodo de cambio de lubricante en los motores de camiones Hitachi EH4000ac para optimizar su eficiencia.

Tesis presentada por:

Vásquez Hanco, José Luis

ORCID: 0009-0003-3636-0307

para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería de Mantenimiento

Asesor:

Dr. Quispe Ccachuco, Marcelo Jaime

ORCID: 0000-0003-3182-6991

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA DE POSTGRADO
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 20 de Marzo del 2025

Dictamen: 013060-C-EPG-2025

Visto el borrador del expediente 013060, presentado por:

2023003731 - VÁSQUEZ HANCCO JOSÉ LUIS

Titulado:

**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES QUE PERMITAN EXTENDER EL PERIODO DE CAMBIO DE
LUBRICANTE EN LOS MOTORES DE CAMIONES HITACHI EH4000AC PARA OPTIMIZAR SU
EFICIENCIA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29667313 - ALCAZAR ROJAS HERMAN ENRIQUE
DICTAMINADOR**



**29267647 - VALENCIA BECERRA ROLARDI MARIO
DICTAMINADOR**



**29440909 - MOLINA RODRIGUEZ FREDY NICOLAS
DICTAMINADOR**



Evaluación de las condiciones que permitan extender el periodo de cambio de lubricante en los motores de camiones Hitachi EH4000ac para optimizar su eficiencia

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

latinamerica.chevronlubricants.com

Fuente de Internet

4%

2

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

3%

3

mobility-work.com

Fuente de Internet

2%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

www.3ciencias.com

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

noria.mx

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

1%

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi guía constante, por su apoyo incondicional y por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis amigos, quienes con su compañía y palabras de aliento me ayudaron a sobrellevar los momentos más difíciles de este camino académico.

Y a mí mismo, por no rendirme, por seguir adelante a pesar del cansancio, y por confiar en que cada paso, por pequeño que fuera, me acercaba a esta meta.



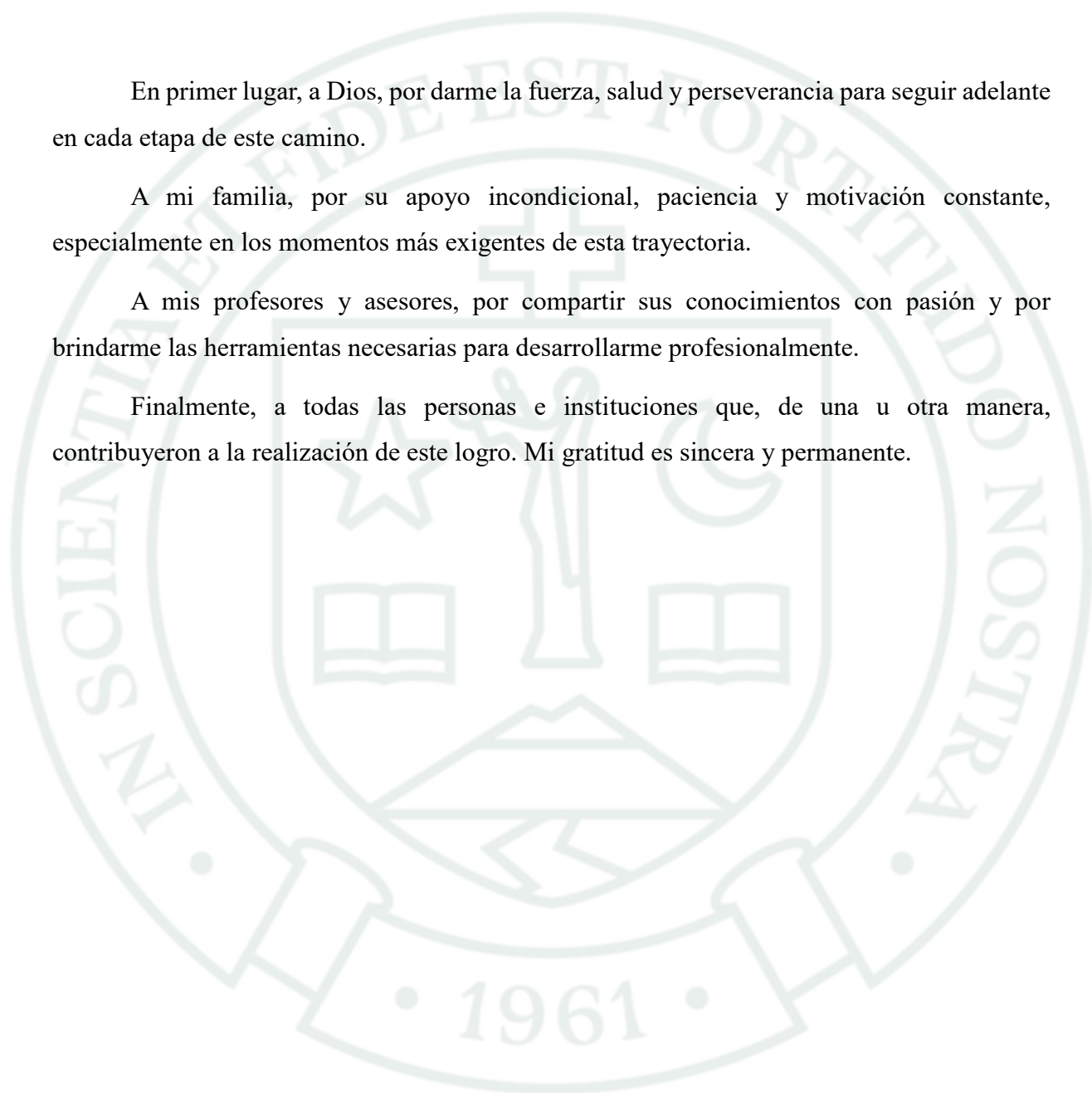
AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por darme la fuerza, salud y perseverancia para seguir adelante en cada etapa de este camino.

A mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante, especialmente en los momentos más exigentes de esta trayectoria.

A mis profesores y asesores, por compartir sus conocimientos con pasión y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente.

Finalmente, a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este logro. Mi gratitud es sincera y permanente.



EPÍGRAFE

"La excelencia no es un acto, sino un hábito. Somos lo que hacemos repetidamente."

Aristóteles



RESUMEN

La presente investigación surge de la necesidad del área de optimizar los procesos de mantenimiento, y conseguir reducir los defectos de fallas con la finalidad de extender la vida útil de los activos con menores costos operativos en la unidad minera en el sur del Perú, el motor de los camiones mineros es uno del componente más críticos y costoso, así se explora nuevas estrategias que buscan una alta mantenibilidad en condiciones controlables.

El presente trabajo tiene como finalidad evaluar las condiciones que nos permitan extender las horas de intervalo de cambio de aceite de motor de 250 horas a las 550 horas de trabajo en los camiones Hitachi EH4000ac, mediante el monitoreo y seguimiento del lubricante con el muestreo y análisis de laboratorio.

La investigación se desarrollará en base a un diseño hipotético experimental, mediante la hipótesis que migrando a un lubricante sintético podemos extender el intervalo de cambio de aceite de motor, y analizando las condiciones actuales del motor podemos manipular la variable tiempo evaluando mediante el muestreo en cada periodo las características fisicoquímicas y desgaste del lubricante hasta llegar al punto de seguridad sin lograr daños en el componente.

Mediante el análisis de gráficas para evaluar la tendencia y diagramas de dispersión, se concluyó que el lubricante logro alcanzar las 589 horas de trabajos sin perder sus características fisicoquímicas y manteniendo los elementos de desgaste en limites inferiores, logrando con ello poder reducir en un 54,3 % la generación de aceite usado, mayor disponibilidad con 152 horas anuales menor paradas por mantenimiento preventivos y con ello lograr un ahorro de \$ 391.011 anules por costos de disponibilidad de flota y consumo de lubricante.

Palabras clave: Extensión, lubricante, monitoreo.

ABSTRACT

This research arises from the need of the area to optimize maintenance processes, and to reduce failure defects in order to extend the useful life of assets with lower operating costs in the mining unit in southern Peru, the engine of mining trucks is one of the most critical and expensive components, so new strategies are explored that seek high maintainability under controllable conditions.

The purpose of this work is to evaluate the conditions that allow us to extend the engine oil change interval hours from 250 hours to 550 hours of work in Hitachi EH40000ac trucks to optimize their efficiency, by monitoring and tracking the lubricant through sampling and laboratory analysis.

The research will be developed based on a hypothetical experimental design, through the hypothesis that by migrating to a synthetic lubricant we can extend the engine oil change interval, and analyzing the current conditions of the engine we can manipulate the time variable by evaluating through sampling in each period the physicochemical characteristics and wear of the lubricant until reaching the safety point without causing damage to the component.

By analyzing graphs to evaluate the trend and dispersion diagrams, it was concluded that the lubricant managed to reach 589 hours of work without losing its physicochemical characteristics and keeping the wear elements at lower limits, thereby achieving a 54.3% reduction in used oil generation, greater availability with 152 annual hours' fewer stops for preventive maintenance and thus achieving savings of \$391,011 per year in fleet availability costs and lubricant consumption.

Keywords: Extension, lubricant, monitoring.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

HIPÓTESIS..... 2

OBJETIVOS 3

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL 4

1. Marco teórico..... 5

1.1. Camión Minero HITACHI EH4000AC-3 5

1.1.1. Motor MTU 16V4000C21 7

1.1.2. Componentes del sistema de lubricación de un motor diésel 8

1.1.3. Funcionamiento el sistema de lubricación de un motor..... 10

1.1.4. Tipos de lubricación para un motor diésel 11

1.1.5. Tribología..... 13

1.1.6. La lubricación o lubrificación..... 17

1.1.7. Muestreo de aceite 22

1.1.8. Definición de términos básicos..... 31

1.2. Análisis de antecedentes de la investigación..... 32

1.2.1. Internacional 32

1.2.2. Nacional 33

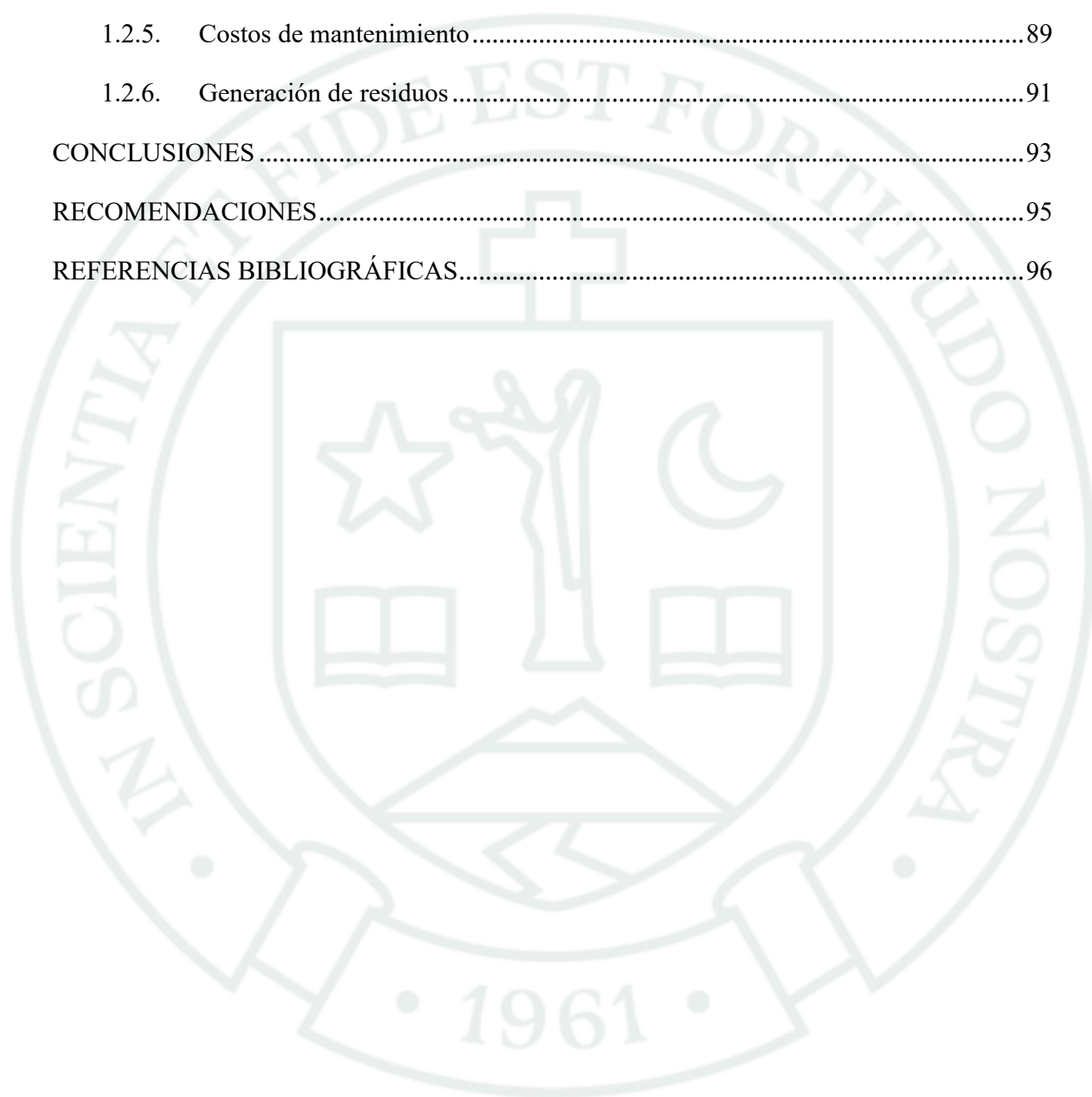
1.2.3. Local 33

CAPÍTULO II METODOLOGÍA..... 35

1. Problema de la investigación..... 36

1.1.	Enunciado del problema.....	36
1.2.	Formulación del problema	38
1.2.1.	Problema general	38
1.2.2.	Problemas específicos.....	38
1.3.	Descripción del problema.....	38
1.3.1.	Tipo de investigación	38
1.3.2.	Métodos de investigación	39
1.4.	Justificación.....	40
1.4.1.	Aspecto general.....	40
1.4.2.	Aspecto técnico	40
1.4.3.	Aspecto económico	40
1.4.4.	Aspecto ambiental.....	40
1.4.5.	Operacionalización de variables	40
1.4.6.	Dimensiones.....	41
1.4.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
1.4.8.	Campo de verificación	43
1.4.9.	Técnicas de procedimiento y análisis de datos	45
1.4.10.	Especificaciones de los lubricantes.....	46
1.4.11.	Cronograma de actividades realizadas.....	47
1.4.12.	Responsabilidades.....	50
1.4.13.	Procedimiento de toma de muestra	51
1.4.14.	Establecimiento de los límites aceptables.....	57
CAPÍTULO III ANÁLISIS Y DISCUSIÓN		60
1.	Extensión del drenado del lubricante de motor	61
1.1.	Resultado del análisis del lubricante mineral del camión TR020	61
1.2.	Resultado del análisis del lubricante sintético del camión TR020.....	62

1.2.1.	Gráfica de seguimiento e interpretación	69
1.2.2.	Contaminación	75
1.2.3.	Desgaste	80
1.2.4.	Disponibilidad.....	88
1.2.5.	Costos de mantenimiento.....	89
1.2.6.	Generación de residuos	91
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES.....		95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		96



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de Variables.....	42
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
Tabla 3 Flota de camiones de acarreo	45
Tabla 4 Equipo asignado para la prueba	46
Tabla 5 Comparativa de lubricantes.....	47
Tabla 6 Tabla de límites recomendados por laboratorio	58
Tabla 7 Resultados de muestra de aceite nuevo Delo® 400 XLE SB SAE 15W-40.....	59
Tabla 8 Resultados del análisis – Salud del lubricante mineral	61
Tabla 9 Resultados del análisis – Contaminación del lubricante mineral.....	61
Tabla 10 Resultados del análisis – Desgaste del lubricante mineral.....	61
Tabla 11 Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético primer ciclo	62
Tabla 12 Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético segundo ciclo.....	62
Tabla 13 Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético tercer ciclo.....	63
Tabla 14 Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético cuarto ciclo.....	63
Tabla 15 Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético quinto ciclo.....	64
Tabla 16 Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético primer ciclo.....	64
Tabla 17 Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético segundo ciclo.	65
Tabla 18 Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético tercer ciclo.	65
Tabla 19 Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético cuarto ciclo.....	66
Tabla 20 Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético quinto ciclo.	66
Tabla 21 Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético primer ciclo.....	67
Tabla 22 Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético segundo ciclo.	67
Tabla 23 Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético tercer ciclo.	68
Tabla 24 Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético cuarto ciclo.....	68
Tabla 25 Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético quinto ciclo.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

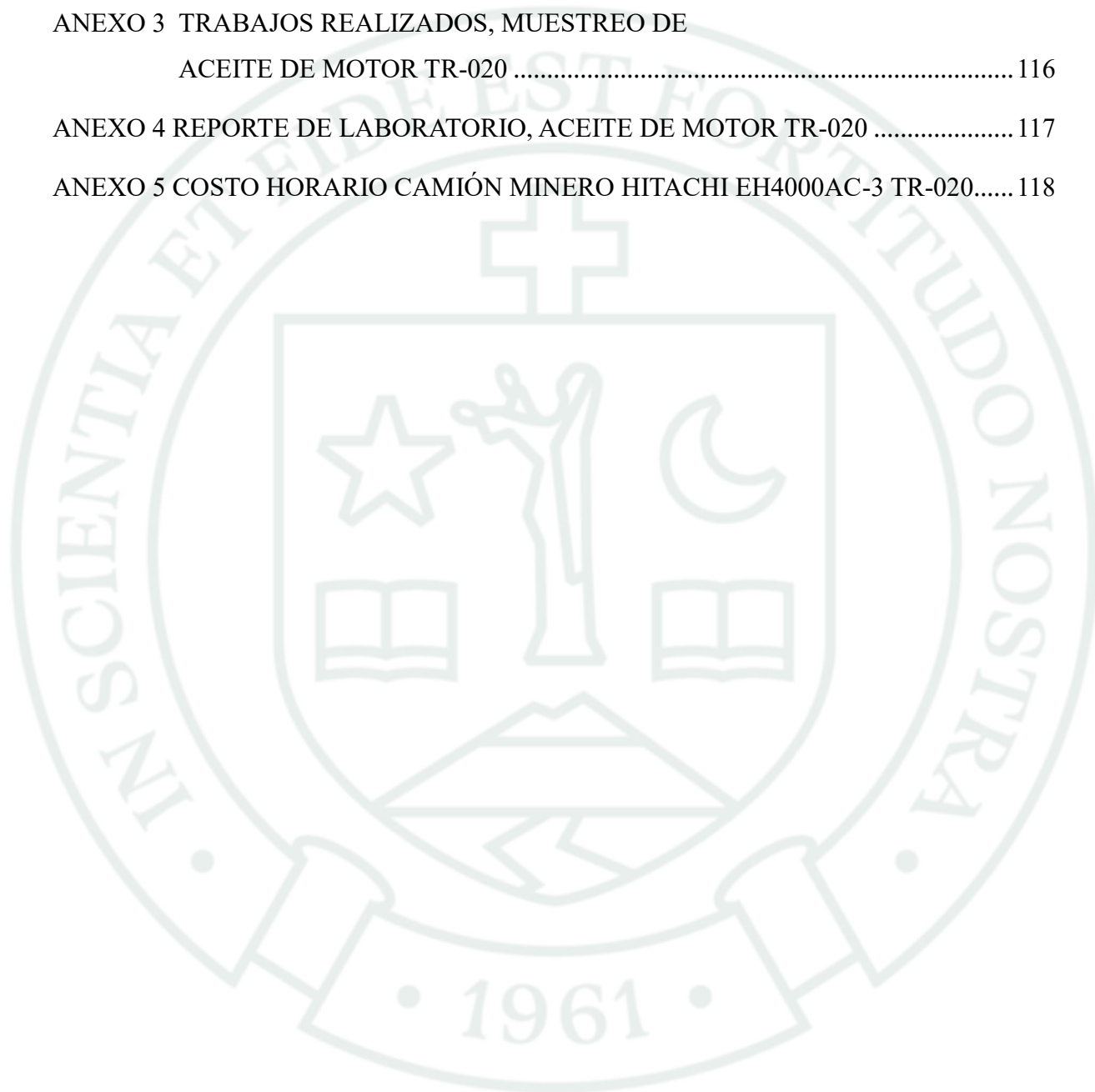
Figura 1 Diagrama del camión Hitachi EH4000AC-3.....	5
Figura 2 Especificaciones del camión EH4000AC-3	6
Figura 3 Especificaciones del motor MTU 16V4000 C21	7
Figura 4 Distribución del motor y componentes de potencia en el camión Hitachi EH4000Ac-3	8
Figura 5 Plano de sistema de lubricación de motores MTU serie 4000	11
Figura 6 Recomendación del fabricante de la selección de aceite lubricante.....	13
Figura 7 Estructura de la tribología	14
Figura 8 Muestreo en sistemas con turbulencia.....	23
Figura 9 Muestreo en líneas de retorno.....	24
Figura 10 Muestreo en líneas presurizadas.....	25
Figura 11 Muestreo por vacío en una línea de retorno	26
Figura 12 Línea de presión o alimentación.....	26
Figura 13 Muestreo fuera de línea	27
Figura 14 Toma de muestras del puerto de drenado con tubo pitot	28
Figura 15 Muestreo portátil fuera de línea.....	28
Figura 16 Muestreo por manguera y bomba de vacío.....	30
Figura 17 Investigación experimental.....	39
Figura 18 Especificaciones del fabricante	46
Figura 19 Etapas de la prueba.....	48
Figura 20 Etiqueta aceite chevron en prueba	49
Figura 21 Muestreo de aceite de motor con bomba de vacío	54
Figura 22 Puerto de muestra rápida motores MTU	55
Figura 23 Drenado de aceite de motor	55
Figura 24 Etiquetado de muestras para envío a laboratorio.....	56

Figura 25 Codificación de botellas de muestra para envío a laboratorio.....	57
Figura 26 Tendencia de viscosidad con el aceite Mobil Delvac MX 15W-40.....	70
Figura 27 Tendencia de viscosidad con el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40.....	71
Figura 28 Comparación de dispersión de viscosidad.....	71
Figura 29 Tendencia de valores de oxidación y nitración.....	72
Figura 30 Tendencia de valores de oxidación y nitración aceite en prueba.....	73
Figura 31 Comparación de dispersión de la oxidación.....	73
Figura 32 Comparación de dispersión de la nitración	74
Figura 33 Paquete de aditivos de aceite Mobil Delvac MX 15W-40	74
Figura 34 Paquete de aditivos de aceite 400 XLE SB SAE 15W-40.....	75
Figura 35 Tendencia de presencia de Sodio y Potasio en el aceite Mobil Delvac MX 15W-40.....	76
Figura 36 Tendencia de presencia de Sodio y Potasio en el Delo 400 XLE SB SAE 15W-40	76
Figura 37 Comportamiento del elemento silicio en la muestra de aceite Mobil Delvac MX 15W-400.....	77
Figura 38 Comportamiento del elemento silicio en la muestra de 400.....	78
Figura 39 Tendencia de presencia de hollín en el aceite Mobil Delvac MX 15W-40	79
Figura 40 Tendencia de presencia de hollín en el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40.....	79
Figura 41 Comparación de dispersión de Aluminio	80
Figura 42 Tendencia de presencia de hierro en el aceite Mobil Delvac MX 15W-40	81
Figura 43 Tendencia de presencia de hierro en el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40.....	82
Figura 44 Comparación de dispersión de Hierro.	83
Figura 45 Tendencia de presencia de cobre en el aceite Mobil Delvac MX 15W-40.....	84

Figura 46 Tendencia de presencia de cobre en el aceite	
Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40.....	84
Figura 47 Comparación de dispersión de Cobre.....	85
Figura 48 Tendencia de presencia de plomo en el aceite Mobil Delvac MX 15W-40	86
Figura 49 Tendencia de presencia de plomo en el aceite	
Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40.....	86
Figura 50 Comparación de dispersión de Plomo	87
Figura 51 Calculo de disponibilidad.....	88
Figura 52 Horas de parada por PM.....	89
Figura 53 Calculo de productividad.....	89
Figura 54 Presupuesto de consumo de lubricante.....	90
Figura 55 Presupuesto por disponibilidad del equipo.....	90
Figura 56 Calculo de medio ambiente	91
Figura 57 Generación de residuos.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 REPORTE DE ANÁLISIS DE LUBRICANTE	100
ANEXO 2 OT DE MUESTREO DE ACEITE DE MOTOR TR-020	115
ANEXO 3 TRABAJOS REALIZADOS, MUESTREO DE ACEITE DE MOTOR TR-020	116
ANEXO 4 REPORTE DE LABORATORIO, ACEITE DE MOTOR TR-020	117
ANEXO 5 COSTO HORARIO CAMIÓN MINERO HITACHI EH4000AC-3 TR-020.....	118



INTRODUCCIÓN

El Perú en los últimos años se convirtió en un foco de inversión para la minería, este desarrollo involucra grandes inversiones en instalaciones y equipos de extracción, esto conlleva buscar mejores tecnologías para optimizar estos procesos.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar las condiciones que permitan extender el periodo de cambio de lubricante de motor en los camiones Hitachi EH4000ac para optimizar su eficiencia. Para lograr este objetivo se utilizó una metodología de observación analítica y procesamiento de datos apoyados de técnicas cualitativas y cuantitativas, las primeras estuvieron conformadas por el reporte de análisis de laboratorio, estos reportes son los resultados del análisis del aceite de muestras extraídos del motor en un periodo de prueba de 5 meses para saber las condiciones fisicoquímicas del lubricante en cada momento de la prueba y la segunda se utilizó el análisis de fichas de registro de datos, con los resultados obtenidos poder calcular la eficiencia en los recursos, ahorro en tiempo reflejado en montos económicos y a su vez también menor generación de residuos al ambiente.

Es importante mencionar que la presente investigación contiene información importante tanto a nivel académico como también práctico, Ello debido que mediante los resultados y las gráficas proyectadas nos ayudan para la toma de decisiones de extender los periodos de lubricantes sin afectar la vida útil de los componentes del motor, además de generar la incertidumbre de cómo se comportarían diversos tipos de lubricantes en las mismas condiciones, además de servir como guía para futuras investigaciones similares.

El documento está dividido en tres secciones, el primero de ellos es el marco teórico donde se presenta una descripción general del equipo en prueba, los lubricantes recomendados y el aceite usado, además de los métodos de muestreo y antecedentes usados de referencia para el estudio, Seguidamente, el segundo capítulo se presenta la metodología utilizada para la recolección de los datos y su posterior análisis y procesamiento. Por último, en el tercer capítulo, se realiza el análisis y la discusión de los resultados obtenidos lo cual corresponde al producto final de esta investigación.

Los resultados del análisis de laboratorio se procesó mediante el uso de Power BI para evaluar la tendencia de las características fisicoquímicas del lubricante, salud, contaminación y desgaste, luego utilizando el programa Minitab y diagramas de dispersión se realizó la comparación del lubricante actual y el anterior utilizado para evaluar las condiciones de la prueba según el tiempo extendido y por último con apoyo de la herramienta de procesamiento de datos Excel se estimó los ahorros en tiempo y económicos que se logró con la extensión de periodo de cambio de lubricante.

HIPÓTESIS

Evaluable las condiciones que permitan extender el periodo de cambio de lubricante de motor en los camiones Hitachi EH4000ac para optimizar su eficiencia, con el nuevo aceite en prueba se pueda extender la vida útil del lubricante a 550 horas manteniendo sus características fisicoquímicas y protegiendo los componentes internos del motor.



OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar las condiciones que permitan extender el periodo de cambio de lubricante de motor en los camiones Hitachi EH4000ac para optimizar su eficiencia.

Objetivos específicos

- Determinar si el lubricante seleccionado proporciona las características fisicoquímicas deseadas en la extensión de horas de trabajo en los motores del camión Hitachi EH4000AC-3 para optimizar su eficiencia.
- Determinar la relación que existe entre la extensión de horas de trabajo del lubricante y la disponibilidad del camión de acarreo Hitachi EH4000AC-3 para optimizar su eficiencia.
- Determinar la relación que existe entre la extensión de horas de trabajo del lubricante y la generación de residuos durante la extensión de horas de trabajo en los motores del camión Hitachi EH4000AC-3 para optimizar su eficiencia.
- Determinar el beneficio resultante entre la extensión de horas de trabajo del lubricante y los costos de mantenimiento durante la extensión de horas de trabajo en los motores del camión Hitachi EH4000AC-3 para optimizar su eficiencia.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1. Marco teórico

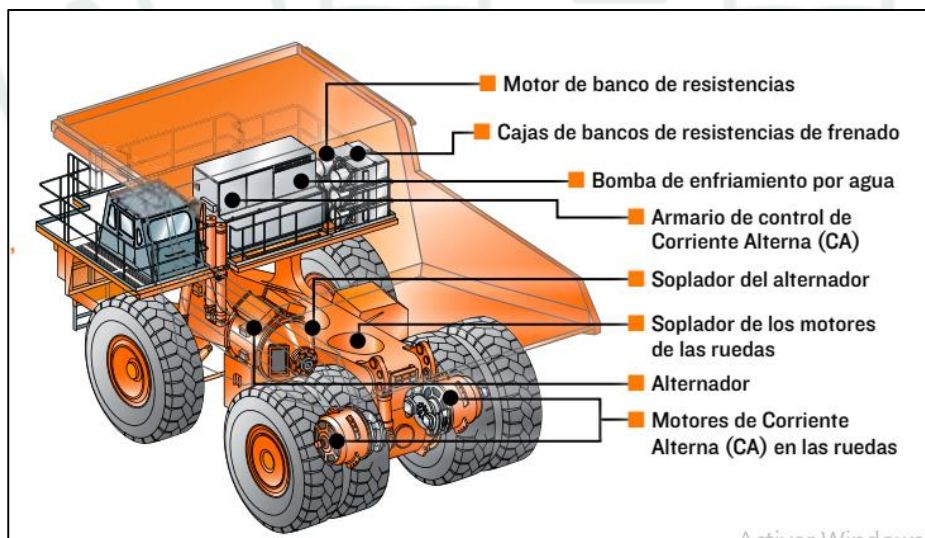
1.1. Camión Minero HITACHI EH4000AC-3

Camión minero, volquete minero, yucle o camión de acarreo pesado es considerado como uno de los principales vehículos todoterreno volquete de chasis rígido, esta principalmente diseñado y el uso que se le da es para la explotación minera a gran escala sin dejar de lado que también es de mucha utilidad para trabajos pesados en construcción.

El EH4000AC-3 el funcionamiento principalmente se da por medio del sistema de propulsión eléctrica avanzada de la reciente y última generación de Hitachi, el cual utiliza el controlador IGBT, los motores y los alternadores para ruedas de Hitachi. Hitachi se mantiene por muchos años principalmente en el ámbito de los sistemas de propulsión eléctrica, en un inicio se aplicó la tecnología GTO, ahora en la actualidad se usa la tecnología IGBT. Siendo esta tecnología aplicada en trenes bala dando un resultado exitoso, al igual que en locomotoras, monocarriles y en gran beneficio para todo el mundo se aplicó en vehículos eléctricos de servicio suburbano. El producto concluyo en un camión impulsado por corriente alterna donde el rendimiento es mucho más eficiente superando así a otros sistemas debido a sus características de eficiencia, sencillez y fiabilidad. (Zamine Chile, 2024)

Figura 1

Diagrama del camión Hitachi EH4000AC-3



Nota. Extraído de (Zamine Chile, 2024).

Hitachi principal empresa y única fabricante de camiones a nivel mundial destacada por la creación exclusiva de sus sistemas de propulsión eléctricos. Siendo este un sistema

innovador de propulsión eléctrico avanzado el cual se adapta a la perfección al EH4000AC-3. Ofrece un par motor más alto, una mayor aceleración, con respecto al freno es más gradual y hablando de costos operativos es mucho más económico, estos camiones actualmente están desempeñando labores destinadas al acarreo en diferentes operaciones mineras a nivel mundial, el ingreso de este tipo de camiones en el Perú dio el inicio de poder competir con diferentes marcas las cuales se dedican al mismo rubro, en esta región viene equipado con un motor MTU 16V4000 C21, para continuar, se muestran diferentes especificaciones. (Zamine Chile, 2024)

Figura 2

Especificaciones del camión EH4000AC-3

Modelo		EH4000AC-3	
Capacidad de la carrocería basculante (colmada)		154,1 m³	
Peso en servicio		163000 kg	
Carga nominal con equipos estándar		221000 kg	
Peso operativo bruto de la máquina objetivo (TGMOW)		384000 kg	
Motor		Estándar: Cummins QSKTA60-CE 1864 KW/1900 min ⁻¹	Opcional: MTU 16V4000 C21 1864 KW/1900 min ⁻¹
A:	Longitud total	14280 mm	
B:	Anchura total	9330 mm	
C:	Altura total	7310 mm	
D:	Distancia entre ejes	6060 mm	
E. E':	Rodadura (neumático delantero/ trasero WT)	6050 mm/4960 mm	
F. F':	Neumáticos general (neumático delantero/trasero)	7290 mm/7580 mm	
G. G':	Distancia al suelo (eje delantero/ eje trasero)	990 mm/850 mm	
H:	Saliente delantero	4240 mm	
I. J:	Interior de carrocería (longitud/anchura)	9190 mm/7760 mm	
K:	Altura de carrocería	6130 mm	
L. L':	Altura de descarga de carrocería (máx./mín.)	13870 mm/1800 mm	
M:	Ángulo de descarga de carrocería	50,5°	
Diámetro mínimo de giro (ISO)		30,2 m	
Velocidad de desplazamiento		Adelante 56 Km/h, Marcha atrás 10 Km/h	
Motor eléctrico		Sistema de motor CA Hitachi	
Tamaño de los neumáticos		46/90R57	

 **NOTA:** Estas especificaciones están sometidas a cambios sin aviso alguno.

Nota. Extraído de (Zamine Chile, 2024).

Especificaciones de las características principales del camión minero Hitachi EH4000AC-3 con motorización MTU 16V4000 C21.

1.1.1. Motor MTU 16V4000C21

El motor que utilizan cuenta con una amplia tecnología alemana siendo esta de marca MTU, son de cuatro tiempos, por lo que es favorable ya que asegura el menor uso de combustible, enfriados por agua y en lo que refiere el tipo de inyección esta es directa, a su vez cuenta con cilindros 16V como configuración, el turbo cargado tiene 2 enfriadores de aire. Por otro lado, con respecto al sistema eléctrico este cuenta con 24 Volts de CD donde se incluye al motor de arranque en conjunto con el alternador de carga de batería.

En el caso del generador este se junta al motor por medio de diferentes discos de acero el cual posee una flexibilidad para su correcta función, generando así que se forme una sola unidad, esto a su vez asegura un apropiado alineamiento, el cual está sobre un soporte de tipo patín de materia de acero estructural, el tipo de generador se define por qué no presenta escobillas, presenta un regulador automático con voltaje de vacío con plena carga $\pm 5\%$. Están proyectados para trabajar a 1500 RPM, 50 HZ o 1800 RPM, 60 Hz, 0.8 de variable de potencia, cuenta con aislamiento NEMA, correspondiendo al tipo H y con capas la presencia de capas de barniz tropicalizado, correspondiéndole 3 fases, presentando cuatro hilos con neutro el cual está unido firmemente a la coraza del generador. (Zamine Chile, 2024)

Figura 3

Especificaciones del motor MTU 16V4000 C21

Especificaciones	
MODELO	: 16V4000 C21
POTENCIA ANUNCIADA	: 1864 kW (2500 HP) @ 1900 min-1 (rpm)
ASPIRACION	: Etapa-sencilla, turbocargador y aftercooler
Certificado de Emisiones:	Not Certified
TIPO DE MOTOR	: 4-ciclos, 16-Cilindros
DESPLAZAMIENTO	: 65.0 Litros
MAX. TORQUE	: 10931 Nm (1115 kgf-m) @ 1500 min-1 (rpm)
DIAMETRO Y CARRERA	: 165 mm X 190 mm
FAN CLUTCH	: Standard
LONGITUD	: 3010 mm
ANCHO	: 1590 mm
ALTURA	: 1740 mm
PESO SECO	: 7080 kg

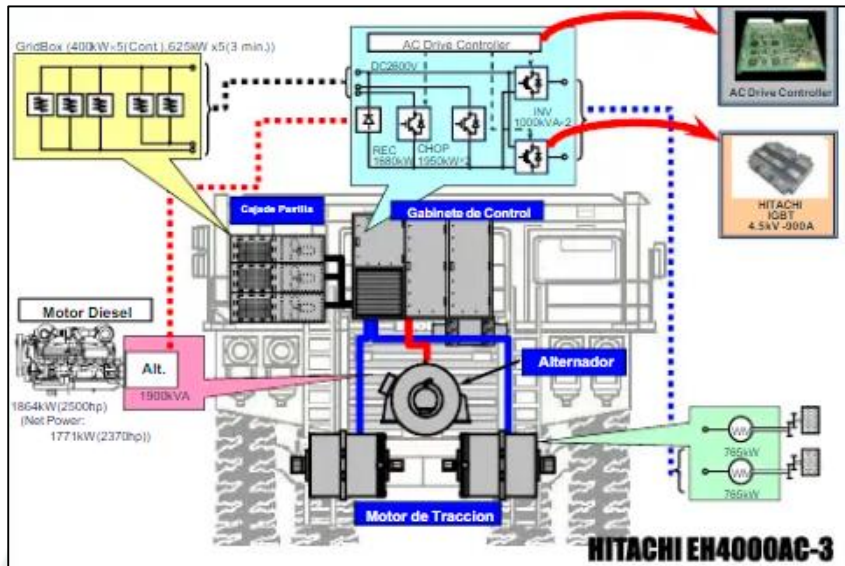


HITACHI EH4000AC-3

Nota. Extraído de (Zamine Chile, 2024).

Figura 4

Distribución del motor y componentes de potencia en el camión Hitachi EH4000Ac-3



Nota. Extraído de (Zamine Chile, 2024).

1.1.2. Componentes del sistema de lubricación de un motor diésel

El motor diésel presenta un sistema de lubricación el cual este encargado de lograr satisfactoriamente que se disminuya la fricción que puedes existir entre los diferentes elementos que constituyen el motor diésel. El aceite tiene como función crear una capa que pueda envolver y proteger estos elementos del motor. Dentro de las características a resaltar tenemos a continuación algunas propiedades y funciones:

- Logra un correcto enfriamiento del motor.
- Cubre y cierra los diferentes espacios que se crean entre los pistones y los anillos logrando así que se mantenga una adecuada compresión en la cámara de combustión.
- Logra la limpieza del motor en general de ciertas partículas contaminantes las cuales son producidas por causa de la combustión y el desgaste, claro ejemplo el hollín.

El sistema de lubricación de un motor diésel está conformado por diferentes partes las cuales se nombran a continuación son:

- La bomba de pre lubricación.
- La bomba de barrido, la cual está conformada por el cárter de motor.
- La bomba de aceite de motor.
- La válvula de alivio.
- La válvula reguladora.
- El puerto de muestreo de aceite.
- La válvula de derivación.
- Los enfriadores de aceite de motor.
- El manómetro de aceite sin filtrar.
- El filtro de aceite de motor.
- El manómetro de aceite de filtrado.
- El sensor de temperatura.
- El turbocompresor.
- La rejilla de succión.

Para un correcto entendimiento se puede resumir esta relación en solo los siguientes componentes:

- La bandeja de aceite.
- La bomba de aceite.
- El regulador de presión.
- El filtro de aceite.
- El tubo de recogida.
- El enfriador de aceite. (Curso de Equipo Pesado, 2019)

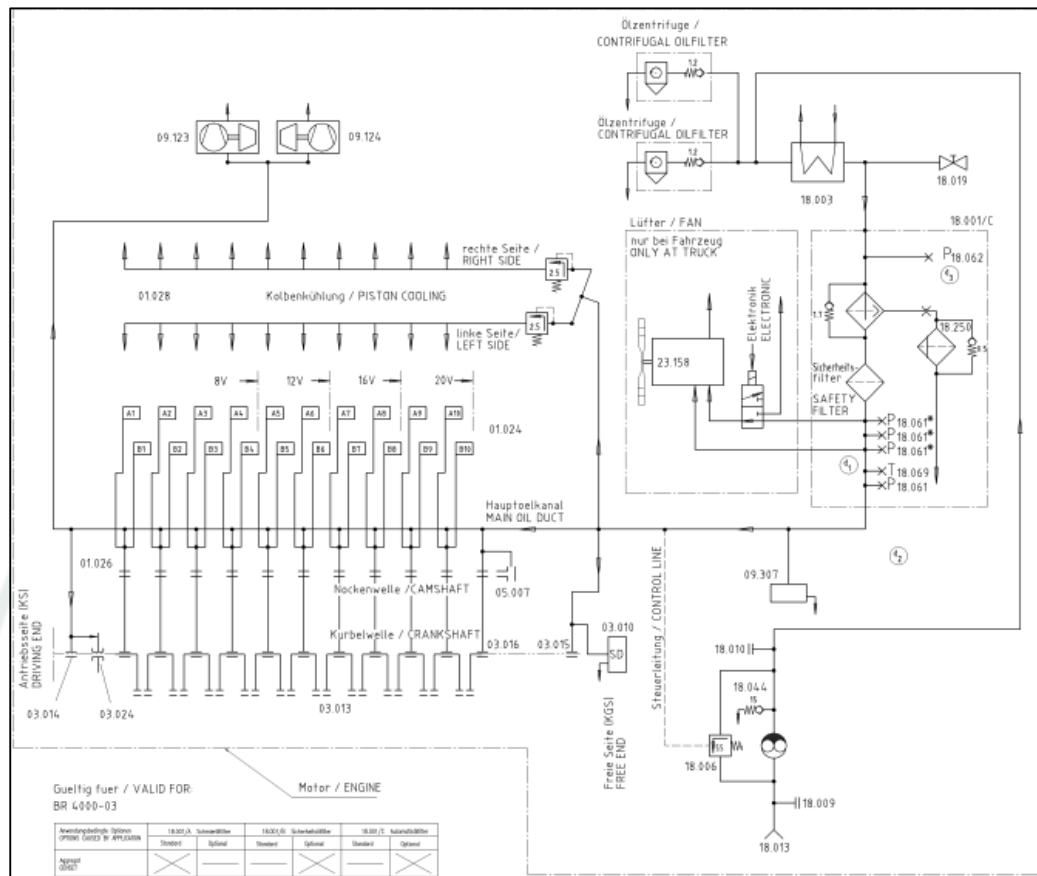
1.1.3. Funcionamiento el sistema de lubricación de un motor

Para el correcto funcionamiento del sistema de lubricación este se da de forma cíclica y continua:

- El principal almacenamiento del aceite se da en el cárter o en un tanque de drenaje, el cual está ubicado en la parte baja del motor.
- El aceite del cárter pasa a la bomba de aceite en este proceso tiene que pasar por un colador el cual cumple la función de impedir el paso de alguna ninguna partícula que sea demasiado grande la cual pueda causar algún daño al resto del sistema.
- En el proceso de pasar por el colador, este se dirige al filtro de aceite. Es allí donde se produce el almacenamiento de las diferentes impurezas acumuladas y así quedando el aceite limpio este se va a dirigir al enfriador, todo este proceso se da antes de ser distribuido por las diferentes partes del motor.
- El motor mientras este se encuentre encendido el procedimiento que realiza el aceite es desplazarse de forma continua por todo el motor. Cuando finaliza el proceso de ser distribuido por todo el recorrido del motor, este aceite va a volver a su punto de partida el cárter o en un tanque de drenaje el cual está ubicado en la parte baja del motor es allí donde finaliza el aceite y allí también inicia todo el proceso de nuevo. (Gasogenio, 2023)

Figura 5

Plano de sistema de lubricación de motores MTU serie 4000



Nota. Extraído de (Zamine Chile, 2024).

1.1.4. Tipos de lubricación para un motor diésel

En los diferentes tipos de lubricación o también denominados aceites existe una variedad interminable los cuales son utilizados para el correcto funcionamiento de tu motor de vehículo. Entre la variedad se puede destacar que estos tienen la principal función que tu motor tenga un amplio rendimiento generando de sea optimo y de gran ayuda para el motor, con esto se genera que el funcionamiento del resto del vehículo sea excelente, manteniéndolo así en perfectas condiciones. El hollín es un componente el cual es principalmente producido por los motores diésel, sin dejar de lado que también se producen otro tipo de compuestos que se derivan producto de la combustión. Se tiene que tener en cuenta estos factores y de acuerdo a esto, analizar cuál es el correcto aceite a utilizar que sea de ayuda para la menor producción del desgaste que se produce en el motor. En la clasificación de los aceites que utiliza un motor diésel tenemos los siguientes tipos. (Curso de Equipo Pesado, 2019)

1.1.4.1. Aceites sintéticos. Los aceites sintéticos o también denominados hidrocarburos sintetizados (SHC) es el producto de la mezcla de diversas bases de aceites condensados químicamente que presentan aditivos los cuales son compatibles en proceso de su formulación. Este tipo de aceite es uno de los principales que posee un orden molecular optimo, los aceites sintéticos cuentan con propiedades fisicoquímicas logrando que este sea de mucha mejor calidad que otros aceites. Una de las características a resaltar es que tiene una alta viscosidad. Es un punto importante a resaltar ya que esto proporciona un alto funcionamiento en lugares donde existen temperaturas altas y también en climas demasiados fríos. Este aceite logra así poder darle una larga vida al motor, alargando también el cuidado del propio lubricante. Para finalizar, el aceite sintético logra que se ahorre combustible en un porcentaje de 1% o 2% por lo cual le adiciona más de una ventaja adicional. (Gasogenio, 2023)

1.1.4.2. Aceites minerales. Este tipo de aceites se le denomina así ya que es el resultado que se obtiene después de la destilación del petróleo crudo, de allí nace el nombre conocido como ‘aceite mineral’. En relación a su forma molecular este presenta una que es mucho peor que la que tiene el aceite sintético, logrando esto que en el momento de su producción se utilice una cantidad elevada de aditivos, generando esto un resultado medianamente apropiado. El principal beneficio que trae esta calidad de aceite es que es más cómodo en cuestión de precios, siendo para toda clase de bolsillos. Este punto a favor hace que el aceite sintético sea reemplazado por los aceites minerales. (Gasogenio, 2023)

1.1.4.3. Aceites semisintéticos. Los componentes de este aceite se obtienen de una combinación de los aceites minerales y de los diferentes aceites sintéticos, de esta forma adquiere las propiedades que posee estos dos tipos de lubricantes, por lo cual se considera un aceite con mayor rendimiento, una de los beneficios es que su uso es en climas con temperaturas bajas, dentro de las características que posee es la viscosidad lo cual es adecuado para temperaturas bajas. (Gasogenio, 2023)

Figura 6

Recomendación del fabricante de la selección de aceite lubricante

Selección de Aceite e Intervalos Series 4000		
Categoría Preferencial	Aceite	Intervalos de Drenado
1	API CG-4 & ACEA E2-96	250 Hours / 1 Año
2	ACEA E3-96	500 Hours / 1 Año

Nota. Extraído de (Zamine Chile, 2024).

Recomendaciones sobre el uso de lubricante en motores MTU serie 4000.

1.1.5. Tribología

La palabra Tribología se escribió y utilizó por primera vez en Inglaterra en un estudio el cual fue escrito en el año 1990 por P. Jost, este neologismo se origina de las palabras griegas “tribos”, que tiene como significado fricción, y “logos”, que significa estudio; se utiliza para poder describir a la ciencia de las superficies friccionantes, esto quiere decir todas aquellas superficies en constante deslizamiento o movimiento relativo entre las mismas. (Jost, 1990)

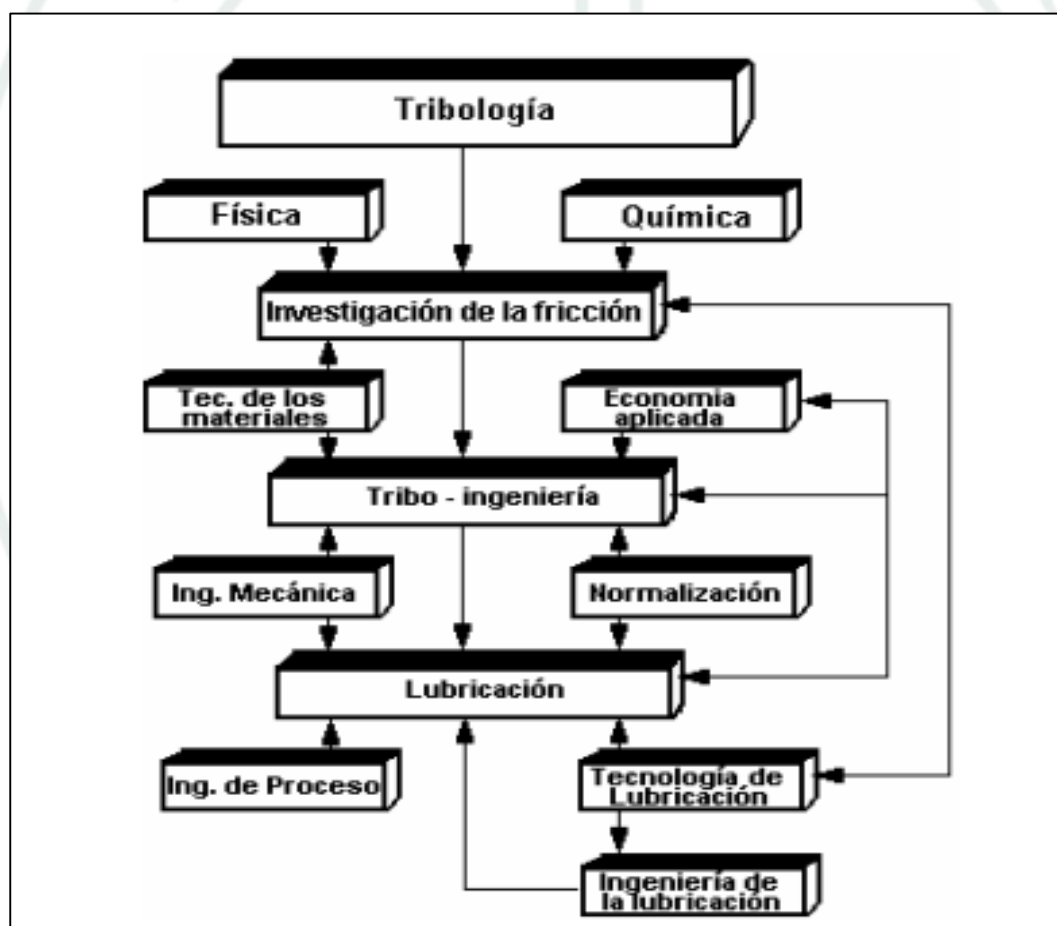
La Tribología en resumen se le denomina a los procesos de fricción, frotamiento, desgaste y lubricación de diferentes elementos o cuerpos que estén en contacto, este proceso se presenta en la práctica de ingeniería se estudia de forma apartada, en el estudio en general se logran enlazar estas dos ramas las cuales conforman una sola disciplina científico-técnica esta ha constituido razonablemente en los últimos años y en la actualidad a desarrollar sistemas mecánicos favorables. La construcción, impulso y mejoramiento en el rendimiento de máquinas en conjunto de los equipos sin tener en consideración la diferente interacción disciplinaria esto genera a la adquisición de sistemas mecánicos que presentan las siguientes cualidades:

- Importantes pérdidas de energía
- Periodos largos de tiempo improductivo.
- Mayor consumo de materiales y partes de repuestos
- Implica mayor costo de trabajos de mantenimiento y reparación.

En los recientes años la palabra tribología ha aumentado en interés y son distintos los eventos los cuales han colaborado a su desarrollo en la busca de la respuesta o solución a los problemas tribológicos que se presentan en la práctica. De forma resumida se representa en la figura un esquema de la estructura de la tribología de acuerdo a su desarrollo. “TRIBOLOGÍA” es el nuevo termino, cuando se habló por primera vez de este término no tenía relevancia más lo único novedoso era el nombre, este término en realidad manifiesta el carácter multidisciplinario de los errores que se presentan en las superficies de los objetos o cuerpos en continuo movimiento. El concepto como resultado único que dichas partes corresponden a un sistema mecánico y dinámico. (Castillo & Toapanta, 2019)

Figura 7

Estructura de la tribología



Nota. Extraído de (Castillo & Toapanta, 2019).

1.1.5.1. La fricción. Existen distintos términos que se pueden utilizar para la definición de la interacción que existe entre dos cuerpos en contacto, “Fricción”, proviene del significado efecto y acción del concepto de frotamiento o rozamiento lo que es igual a desplazar un objeto sobre otro usando una determinada fuerza. El término “rozamiento” se determina como la fuerza que es lo opuesto al movimiento relativo de dos objetos u cuerpos cuando presentan el movimiento o también cuando se encuentran otras fuerzas que conllevan al movimiento. En la actualidad para el punto de vista de acuerdo a ingeniería se le da la definición desde dos diferentes puntos de vista. (Castillo & Toapanta, 2019)

1.1.5.1.1. Enfoque energético. “La fricción se basa en el cambio de la energía mecánica que se da al principio, durante y el término del movimiento relativo que existe entre dos cuerpos en contacto” (Castillo & Toapanta, 2019).

1.1.5.1.2. Enfoque mecánico. La fricción se enfoca en la fuerza que es contraria al movimiento relativo de dos objetos o cuerpos en contacto siempre y cuando se dé un movimiento o presenten fuerzas que conllevan a realizar el movimiento. De acuerdo a las condiciones del contacto la fricción se clasifica en. (Castillo & Toapanta, 2019)

- A. Fricción estática. Se le denomina aquella fuerza cuando no existe movimiento o desplazamiento entre dos cuerpos. Es la pérdida de energía mecánica al principio y final del movimiento tangencial relativo. Esta se presenta Esta está presente en uniones por interferencia, roscadas, transmisiones por fricción, frenos, acoplamientos de fricción, etc. (Castillo & Toapanta, 2019)
- B. Fricción dinámica. “Llamada también cinética es el cambio o pérdida de fuerza mecánica que se da durante el desplazamiento relativo tangencial o normal. Esta es característica de los cojinetes, sellos, transmisiones dentadas, máquinas de pistón, guías, etc.” (Castillo & Toapanta, 2019).
- C. Fricción de choque “Se caracteriza por la pérdida de energía mecánica que se da en el proceso de inicio y al finalizar el movimiento relativo normal” (Castillo & Toapanta, 2019).
- D. Fricción por deslizamiento. La denominación fricción es durante el movimiento relativo entre dos cuerpos en el cual la rapidez de los cuerpos en su punto de contacto es distinta en magnitud y sentido o en magnitud o en sentido. Es característico en este tipo de fricción se incluye a los cojinetes de deslizamiento, guías, frenos, transmisiones por fricción, etc. (Castillo & Toapanta, 2019)

- E. Fricción por rodadura. “Fricción en el proceso del movimiento relativo de dos objetos y cuerpos en los cuales la rapidez en los puntos de contacto es de igual proporción de acuerdo en magnitud y dirección” (Castillo & Toapanta, 2019).
- F. Fricción seca. Es el tipo de fricción entre dos sólidos, caracterizado por una interfaz donde no está positivamente dañado por diversos tipos de lubricación; a tener en cuenta que algunas superficies pueden estar contaminadas. La fricción seca generalmente se utiliza cuando es requerida en el momento de movimiento o frenado. En este proceso el coeficiente de fricción la variación de rango es de 0.1 – 0.8. (Castillo & Toapanta, 2019)
- G. Fricción lubricada. “Es uno de los principales métodos y el más efectivo ya que es sencillo para bajar la fricción es el uso de sustancias lubricantes en los sistemas tribotécnicos” (Castillo & Toapanta, 2019).

1.1.5.2. El desgaste. Tiene como definición a la eliminación gradual, daño u deslizamiento de cualquier material u objeto en superficies sólidas. Las clases de desgastes más comunes son:

- Desgaste abrasivo (de dos cuerpos), se genera cuando una superficie dura y áspera se desliza en una superficie más suave.
- Desgaste adhesivo, se genera de acuerdo al movimiento y enlace no deseada de distintas partículas de desgaste en una superficie a la otra.
- Desgaste por fricción, se genera por la fricción que ocurre entre dos superficies.
- Desgaste erosivo, se produce cuando partículas sólidas o líquidas chocan con la superficie de un objetivo.
- Fatiga de superficie, se produce cuando la superficie de un material se debilita por cargas cíclicas.
- Desgaste por corrosión/oxidación, se produce debido a reacciones químicas entre materiales desgastados y un medio corrosivo.
- Debido a los diferentes tipos, la tribología también muestra como el desgaste puede sufrir muchos cambios con el tiempo o experimentar cambios por las condiciones de operación. (Cervantes, 2023)

1.1.6. La lubricación o lubrificación

La lubricación es un procedimiento en el cual se disminuye la fricción entre dos compuestos móviles introduciendo una parte de fluido logrando así separar las dos superficies que están en contacto. La denominación «engrasado» se da aquel proceso cuando se usa grasa como base lubricante. (Lefresne, 2022)

1.1.6.1. ¿Cuáles son las funciones de la lubricación? Gracias a la lubricación, se realizan varias funciones:

- Disminuir la fricción (fricción o deformación),
- Disminuir el desgaste de las piezas,
- Absorber/mitigar choques,
- Disminuir /controlar la temperatura,
- Ayuda a proteger de la corrosión,
- Aislar los diferentes elementos de la contaminación.
- Limpiar/eliminar los contaminantes. (Lefresne, 2022)

1.1.6.2. ¿Cuáles son los tipos y características de los lubricantes existentes? La lubricación ayuda a disminuir la fricción que se da entre dos partes móviles y disminuye la resistencia pasiva de las partes fijas. Los lubricantes adquieren refinamiento fraccionado pesado de petróleo crudo (partes de petróleo refinado que no se utilizan para gasolina/aceite/hidrocarburos de tipo queroseno). Incluye que los lubricantes poseen característica de tipo líquidas o fluidos (aceites), sólidos (grasas, gel de silicona) o sólidos (teflón, grafito). Las prestaciones y propiedades difieren de un lubricante a otro lubricante, pero es importante conocer que todos poseen el mismo componente principal denominado «base lubricante», el cual tiene un porcentaje en la composición de un 75 a 85% del total del lubricante y este es normalmente de origen mineral o sintético. (Lefresne, 2022)

1.1.6.2.1. Las bases lubricantes. Existen dos tipos de bases lubricantes:

- Las bases minerales presentan una característica esta es que son elaboradas a base de petróleo crudo. Estos son los compuestos más utilizados, generalmente en aplicaciones industriales de automóviles. Se adquiere de la unión de mezclas de hidrocarburos que han pasado por distintas operaciones de refinamiento.

- Por otro lado, las bases de síntesis se adquieren a partir de la reacción química de diferentes compuestos. Para crear lubricantes se usan usualmente dos tipos de productos: hidrocarburos sintéticos y ésteres. El resultado es productos con una mayor viscosidad estable, en cualquier tipo de temperatura. Esta característica es una de las principales propiedades de las bases minerales que necesita incorporar mejoradores de viscosidad en volúmenes grandes. Poseen más resistencia a la oxidación, lo cual proporciona un mayor tiempo de duración del aceite, generando intervalos más duraderos entre los dos cambios. Sin dejar de lado que hay aceites «semisintéticos», que se adquieren a partir de la combinación de los dos elementos anteriores (proporciones de 20 a 30% de aceite sintético y 70 a 80% que proviene de aceite mineral). (Lefresne, 2022)

1.1.6.2.2. Los aceites. Los aceites tienen en su composición una base lubricante y de aditivos. El producto final de un aceite dentro de su compuesto tiene un 15% y un 25% de aditivos, por dos razones:

- Este compuesto refuerza algunas propiedades del aceite base.
- El aceite base adquiere propiedades que no cuenta en su forma natural.
 - Mejoradores de viscosidad: estos benefician que el aceite, frío o caliente, pueda ser suficientemente fluido esto ayuda a evitar que exista contacto con las partes móviles. Una base de lubricación posee polímeros introducidos. Se le denomina aceite multigrado aquellos los cuales contienen aditivos. Los polímeros que tienen una larga cadena tienden por contraerse en bajas temperaturas y, por la cual, le da limitada resistencia al movimiento de las partículas de aceite, por otro lado, a las temperaturas altas se extiende y se opone a la fluidificación de la mezcla.
 - Aditivos anti desgaste: ayudan con reforzar la acción anti desgaste que causa un lubricante a los diferentes órganos que lubrica. Logra formar una partícula protectora reaccionando directamente, o también ayuda través de su producto de reacción con superficies metálicas.
 - Aditivos antioxidantes: logra que se vuelva lento los fenómenos de oxidación del lubricante, ayuda a espaciar los diferentes cambios de aceite ya que guarda una mayor resistencia a temperaturas altas.

- Aditivos detergentes: proporciona a evitar los depósitos y formación de barniz en las partes del motor más calientes como la garganta del segmento. Tiene la acción detergente, principalmente dentro de los motores, evitando así que los compuestos oxidados o la presencia de los residuos carbonosos de la combustión creen gomas o depósitos de las superficies metálicas. Los aditivos de la actualidad son polímeros que están conformados por nitrogenados básicos que no forman cenizas. Debería de usar aceites detergentes guardando cuidado en aquellos motores que son más antiguos, ya que la capacidad que posee de limpiar sus los depósitos ya sedimentados en los cárteres (calamina, por ejemplo) ello suele provocar la obstrucción de los diferentes canales de circulación del lubricante.
- Aditivos dispersantes: ayuda a mantener en suspensión las diversas impurezas solidas que se forman cuando el motor se encuentra en funcionamiento: lodos, gomas, no quemadas, hollín, depósitos que están limpios gracias a los detergentes. Impide que los residuos sólidos de unan entre ellos, por lo cual, impide el proceso de formación de depósitos (lodos) en las distintas fracciones frías del motor (en particular, en los cárteres).
- Aditivos de basicidad: neutraliza la formación de residuos ácidos producto de la combustión de combustibles, primordialmente de los motores diésel.
- Aditivos anticorrosivos: impide la cohesión de metales ferrosos, gracias a las propiedades combinadas de agua, oxígeno en conjunto con el aire y distintos óxidos creados durante la combustión. Conformando así una partícula protectora o pasiva de acuerdo a la superficie que protegerá.
- Aditivos anticongelantes: proporciona propiedades al lubricante las cuales permite mantener una eficacia fluidez en temperaturas bajas (de -10°C a -45°C).
- Aditivos antiespumantes: el aceite puede tener la presencia de espuma esto se puede explicar porque existe la presencia de otros elementos aditivos como por ejemplo los aditivos detergentes cumplen aun función en el aceite como cuando actúa el jabón en el agua: cumple la función de limpiar al motor, pero al hacer este proceso produce una espuma. También se puede formar cuando al diseño de circulo de lubricación el cual genera turbulencia cuando la lubricante brota,

permite la combinación aire-aceite y a si la formación de burbujas. La finalidad de estos aditivos limitar la dispersión del mayor volumen de aire en el aceite.

- Aditivos de alta presión: las propiedades de los aditivos es disminuir los pares de fricción, lo cual proporciona el ahorro de energía y la protección de las superficies que poseen carga pesada. Beneficia al lubricante a poseer características de deslizamiento específicas, particularmente en aquellos componentes equipados con engranajes o también los que tienen forros de fricción que trabajan a base de aceite, (ejes auto bloqueantes, cajas de cambios automáticas o manuales, frenos sumergidos, etc.). (Lefresne, 2022)

1.1.6.2.3. Las grasas de lubricación. Las grasas tienen como principales componentes:

- 70 a 95% de aceite base (mineral, sintético o vegetal)
- 0 a 10% de aditivos iguales a los ya identificados anteriormente.
- 3 a 20% tiene un espesante o gelificante cumpliendo la función de dar espesor y consistencia al lubricante, ejemplo: fluido, semifluido, duro o blando, etc., logrando así estabilizar al aceite base y de otros aditivos a que no se escurran.

Las grasas se pueden clasificar por su adherencia en las superficies a lubricar, entereza al cizallamiento, insoluble al agua y longevidad. Por lo general, una grasa tiene que poseer la característica de no superar una temperatura superior a 300°C esta temperatura es adecuada para que el aceite base se separe del espesante. También se puede mencionar a las pastas o barnices que están producidas a base de cobre o aluminio. Cabe mencionar que la función que tiene como lubricante es la reducción del desgaste mecánico y de las pérdidas de energía debidas a la fricción, la grasa forma una barrera de estanqueidad en destensa de los elementos externos como el polvo, agua, calor, etc.

- Grasas de silicona: comúnmente las siliconas son polímeros los cuales están conformados por compuestos orgánicos de silicio, lo cuales le benefician estabilidad térmica, su característica de aislante eléctrico y su mayor inercia química. Estas tienden a ser muy resistentes al calor, la oxidación y los rayos ultravioletas, estas tienen diferentes formas de presentación como aceites, elastómeros o resinas.
- Grasas alimenticias: La particularidad de estas grasas es que están creadas para el contacto incidental de productos alimenticios. En Francia, todos los lubricantes,

gelificantes y aditivos que estos poseen deben cumplir ciertas reglas del centro nacional de estudios y de búsqueda sobre la nutrición y la alimentación, (CNERNA) este es el único y principal organismo reconocido en Europa para la clasificación y enumeración de materias primas que tal vez entren en contacto accidental con algunos alimentos. (Lefresne, 2022)

1.1.6.2.4. Lubricantes sólidos. El disulfuro de molibdeno en conjunto con el grafito cabe mencionar que estos dos lubricantes son utilizados comúnmente en climas muy extremos, estos pueden ser en temperaturas muy altos o demasiado bajos y alto vacío. En el caso del grafito este suele ser usado hasta en una temperatura de 400°C al aire, por otro lado, en atmósfera inerte a 1900°C. El disulfuro de molibdeno se puede usar en una temperatura máxima de 450°C, ya que más allá de esta temperatura se vuelve abrasivo. A diferencia en temperaturas bajas es recomendable el uso de materiales como el teflón, nylon y varias poliamidas. (Lefresne, 2022)

1.1.6.2.5. Aceites de corte. En diferentes operaciones de corte, son muy utilizados los líquidos para lubricar y enfriar. En el proceso del enfriamiento esto ayuda a mejorar la longevidad de la pieza, facilitando así poder obtener dimensiones consistentes en la finalización de las piezas. Para reducir la fricción se utiliza la lubricación, por lo que disminuye el calor y la capacidad necesaria para una cortadura delimitada. Los aceites presentan una composición acuosa, soluciones sintéticas o aceites inactivos. Con Mobility Work, la GMAO de la industria 4.0, los datos de los lubricantes se deben registrar en una ficha de datos guardando dichos datos de seguridad usando herramientas de gestión de documentos. (Lefresne, 2022)

1.1.6.2.6. Elección de lubricantes. Para poder elegir un lubricante se tiene que tomar en cuenta las condiciones en las cuales el lubricante va a funcionar, dentro de estas condiciones esta la temperatura de funcionamiento, la presión, la variación de condiciones climáticas y la velocidad de desplazamiento relativas. Las industrias que fabrican productos de lubricación son los que tienen una mejor ubicación para la determinación de tipo de lubricante a usar, analizando el mecanismo en el cual se usará o lubricará. No obstante, los ingenieros y fabricantes de maquinaria se ven en la necesidad de recomendar los lubricantes adecuados para el funcionamiento de sus equipos, así como de establecer un cronograma específico para su sustitución y las correspondientes tareas de lubricación. En este contexto, la GMAO vinculada a la Industria 4.0, como es el caso de Mobility Work, interviene en esta etapa al permitir la definición y gestión de programas de mantenimiento, incluyendo los relacionados con el cambio de aceite y otras operaciones similares. (Lefresne, 2022)

1.1.7. Muestreo de aceite

El muestreo adecuado del aceite constituye un elemento fundamental para garantizar la eficacia de un programa de análisis de lubricantes. Si la muestra obtenida no es representativa, el análisis resultante no permitirá un control fiable de la condición del aceite, ni la detección oportuna de fallos en los equipos, lo cual limita su utilidad en la extensión de la vida útil de los activos. Ya sea que se emplee un kit de muestreo proporcionado por el proveedor de servicios o equipos propios, es indispensable recopilar ciertos datos clave en el momento exacto de la toma de muestra, con el fin de asegurar resultados más precisos, consistentes y relevantes. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.1. Densidad y distribución de información en la muestra. Existen dos objetivos primordiales para la obtención de una muestra de aceite representativa.

- El primer objetivo es aumentar la densidad de información. La muestra se tiene que tomar logrando asegurar que contenga toda la información por mililitro de aceite como se requiera. Esta información está relacionada con diferentes criterios como la limpieza y evaporación del aceite, al acabar los aditivos y la presencia de partículas deterioro por la máquina.
- El segundo objetivo es disminuir la distorsión de la información. La muestra debe obtenerse de manera que la formación de información sea iguales, consistentes y específico. Es de suma importancia asegurar que cada muestra recolectada no se contamine mientras se pase por el proceso de muestreo. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.1.1. Ubicación del Puerto de muestreo de aceite. La importancia de entender que la mayoría de las ubicaciones de una maquina no necesariamente generaran los mismos datos. Por lo generan algunos suelen tener mucha más información que otros. También existen maquinas que requieren distintas ubicaciones de muestreo para poder obtener respuestas a preguntas específicas las cuales están relacionadas a las distintas condiciones de la máquina, usualmente de forma excepcional. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.2. Muestreo de aceite en retornos del sistema. La correcta ubicación de los puertos de muestreo de aceite en distintos sistemas de circulación se rige por una serie de normas técnicas. No obstante, es importante señalar que dichas directrices no siempre pueden aplicarse de manera rigurosa, debido a las limitaciones impuestas por el diseño específico de cada máquina, su forma de operación y las condiciones particulares del entorno industrial. A pesar de ello, existen ciertos lineamientos que deben cumplirse de forma estricta, los cuales se detallan a continuación. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.2.1. Turbulencia. Se puede decir que las mejores ubicaciones de muestreo se denominan a las áreas muy turbulentas ya que estas áreas son donde el aceite no fluye en línea recta, todo lo contrario, es la que gira y da vuelta en la tubería. Por otro lado, tenemos a las válvulas de muestreo estas están ubicadas en ángulo recto donde la trayectoria de flujo es de secciones largas y forma recta de tubería, gracias a esta cierta característica se puede lograr que las partículas pasen de largo, esto da como resultado que exista una reducción sustancial de la concentración de aquellas partículas que suelen ingresar a la botella de muestreo. Para poder evitar esto se deben ubicar las válvulas de muestreo en los codos, también en las curvas cerradas que tienen líneas de flujo. (Noria Corporation, 2023)

Figura 8

Muestreo en sistemas con turbulencia



Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

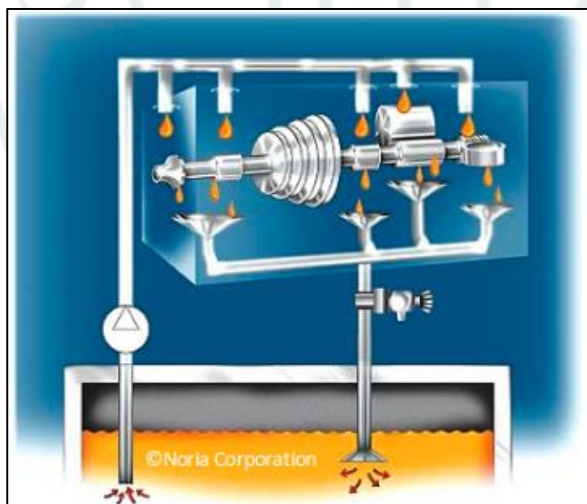
1.1.7.2.2. Puntos de ingreso. Los puestos de muestro siempre que se tenga la posibilidad se deben ubicar aguas por debajo de los compuestos que se deterioran y alejado de aquellas áreas donde suelen ingresar partículas acompañadas de humedad. En el caso de las líneas de retorno cabe mencionar también a las líneas de drenaje las cuales regresan al tanque estas dan los niveles de mayor alcance de partículas de desgaste y contaminantes. Cuando el aceite logra llegar al tanque, dicha información logra desaparecer. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.2.3. Filtración. Compuesta por filtros y separadores los cuales tienen la función de eliminar contaminantes, por lo general eliminan datos significativos de la muestra de aceite. Es importante ubicar a las válvulas de muestreo antes de los filtros, deshidratadores, separadores también antes de los tanques de sedimentación, siempre y cuando se esté examinando específicamente el funcionamiento del filtro. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.2.4. Líneas de drenaje. En las líneas de drenaje, el proceso implica la interacción entre los fluidos y el aire, por lo que las válvulas de muestreo deben ubicarse en puntos estratégicos donde el aceite no solo circule, sino también tienda a acumularse. En el caso de tuberías de orientación horizontal, lo recomendable es instalar estas válvulas en la parte inferior de la tubería. En algunas situaciones, es necesario incorporar trampas de aceite, como aquellas con forma de cuello de ganso, con el propósito de favorecer la concentración del lubricante en la zona destinada al muestreo. Por otro lado, en los sistemas de circulación que cuentan con líneas de retorno —también denominadas líneas de drenaje hacia el depósito— estas representan una alternativa adecuada para la colocación de válvulas de muestreo. Esta ubicación permite obtener la muestra justo antes de que el aceite regrese al tanque y, además, antes de que atraviese el sistema de filtrado. (Noria Corporation, 2023)

Figura 9

Muestreo en líneas de retorno



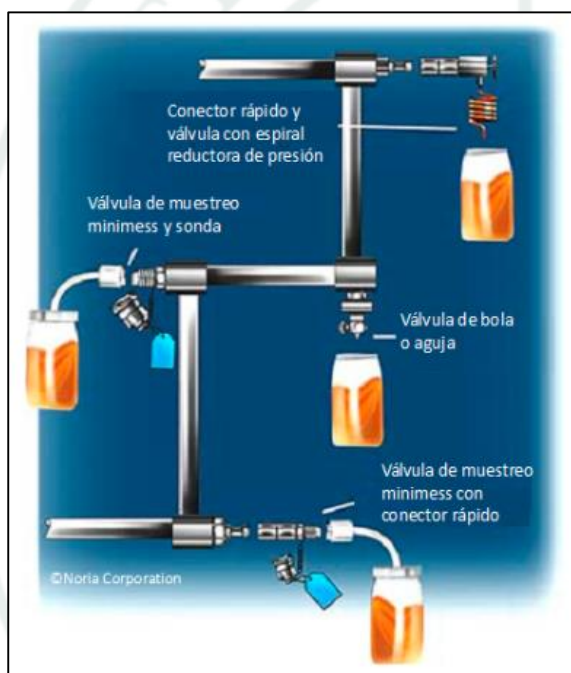
Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

1.1.7.3. Muestreo de aceite en zona viva de sistemas circulantes. Existen casos en los que se puede tomar una muestra de una línea de un sistema de circulación, a dicho proceso se le da por nombre muestra de zona viva. Este tipo de cosas que se dan durante en proceso de muestro son las que mejoran la calidad y aumentan la eficacia del muestreo de aceite de la zona viva. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.3.1. Muestreo de líneas presurizadas. “En el caso que sea necesario tomar muestras de líneas de alimentación presurizadas las cuales conducen a cojinetes, compresores, engranajes, etc. En este caso el método será mucho más sencillo” (Noria Corporation, 2023).

Figura 10

Muestreo en líneas presurizadas

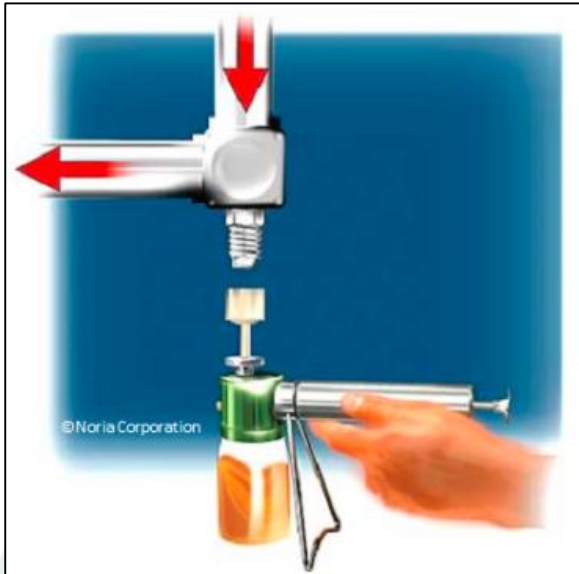


Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

1.1.7.4. Muestreo de líneas de circulación de baja presión. Suele utilizarse, una línea de drenaje, línea de alimentación o línea de retorno en ocasiones no está correctamente presurizada para la tomar una muestra. En estos casos, para poder obtener el muestreo se requiere la cooperación de una bomba de vacío la que va estar equipada en conjunto de un adaptador especial por lo cual le va a permitir poder conectarse a una válvula momentáneamente, se puede mencionar a la válvula minimess. Por otro lado, tenemos a el adaptador enroscado en la válvula minimess, en este caso el líquido se puede adsorber al interior de la botella. (Noria Corporation, 2023)

Figura 11

Muestreo por vacío en una línea de retorno

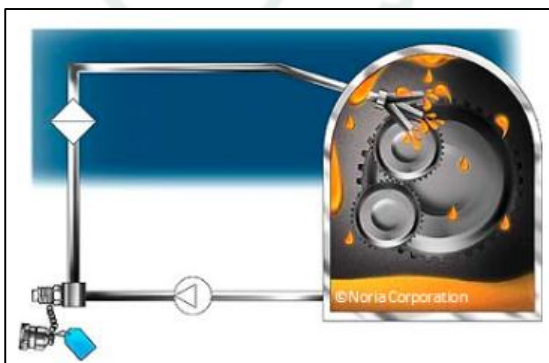


Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

1.1.7.5. Muestreo de depósitos húmedos. Es necesario mencionar que en ocasiones existen aplicaciones con la cuales no se puede acceder a una línea de retorno o también la línea de drenaje, o muchas veces no existe esta línea; en estos casos podemos denominarlos típicamente sistemas de depósitos húmedos. Se mencionan a continuación algunos sistemas de cárter húmedo como los motores diésel también las cajas de engranaje con circulación y los compresores con circulación. En estos casos las aplicaciones ya que no existe línea de retorno, se debería aplicar la tomar la muestra de fluido de la línea de suministro presurizada la cual se dirige a los engranajes y los cojinetes. (Noria Corporation, 2023)

Figura 12

Línea de presión o alimentación



Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

La mejor forma y lugar adecuado para tomar la muestra de aceite del cárter de un motor es apropiado justo antes del filtro. En el caso de la válvula de muestreo esta deberá ser instalada ente la bomba y el filtro. Se puede definir que esta ubicación de muestreo es la que se escoge comúnmente en vez de hacer el muestreo de la parte de un puerto de drenado o utilizando una bomba de vacío metiendo una manguera por el tubo de la varilla de medición de nivel. Diferentes modelos de motores actuales ya vienen equipados con una válvula de muestreo la cual va estar correctamente ubicada en el cabezal del filtro.

Figura 13

Muestreo fuera de línea



Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

1.1.7.6. Muestreo de sistemas no circulantes. Existen diferentes ejemplos en los cuales no usan circulación forzada en este caso se debe de tomar la muestra del depósito o puede ser también de la carcasa de un sistema. Esta se suele hacer cuando el equipo está en servicio u operando. Se tienen muchos ejemplos comunes de sistemas como los cojinetes lubricados por baño por collarín u anillo, también las cajas de engranajes las cuales se encuentran lubricadas por salpique. En todos estos casos aumenta la dificultad de poder obtener una muestra óptima. (Noria Corporation, 2023)

Figura 14

Toma de muestras del puerto de drenado con tubo pitot

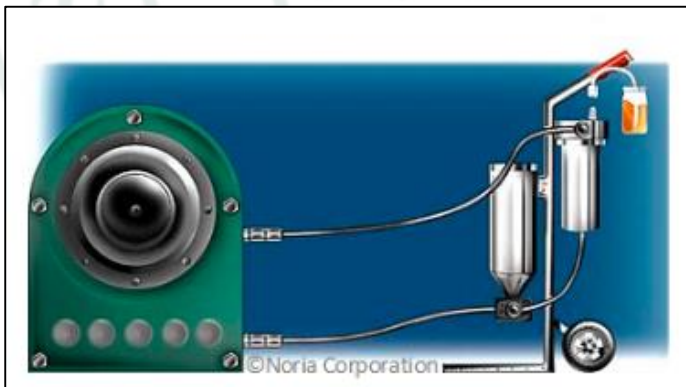


Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

Mencionan otros métodos para poder muestrear de una caja de engranaje o de una caja de rodamientos, en estos casos se puede usar un sistema portátil de circulación de aceite, como un carro de filtración. En estos casos, el carro de filtración está unido al reservorio. (Noria Corporation, 2023)

Figura 15

Muestreo portátil fuera de línea



Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

1.1.7.7. Muestreo por inserción de manguera y bomba de vacío. El método que se usa comúnmente para poder tomar una muestra de un depósito húmedo por baño o salpique, el método más utilizado es el de muestreo por inserción de manguera o bomba de vacío. En este método se va a introducir una manguera por el puerto de respiración o llenado dirigiéndose a la cavidad del reservorio, relativamente a la mitad del nivel del aceite. Es necesario mencionar que este tipo de método de muestreo tiene inconvenientes por lo cual recomiendan evitarlo ya que en lugar de aplicar este método se puede aplicar los métodos ya explicados anteriormente. A continuación, mencionamos algunos riesgos o problemas que están relacionados a este método de muestreo. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.7.1. Ubicación de la manguera. Es demasiado difícil poder controlar una manguera que es introducida por el puerto de llenado, respiración o por la varilla de medición de nivel. Es difícil poder determinar el lugar a donde terminara de llegar el extremo final de la manguera introducida, esto genera que se tomen varias muestras de diferentes lugares. También hay el riesgo de recolectar muestras del fondo ya que la manguera puede llegar al final del reservorio recogiendo así partículas de desgaste o los sedimentos. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.8. Contaminación de la manguera. Existe comúnmente el riesgo que cuando la manguera sea introducida en el reservorio en este proceso pueda recoger partículas de las paredes laterales del depósito. Pero también puede suceder que la manguera misma esté contaminada ya que no hay un correcto control de limpieza en cuanto a la producción o almacenamiento del producto. (Noria Corporation, 2023)

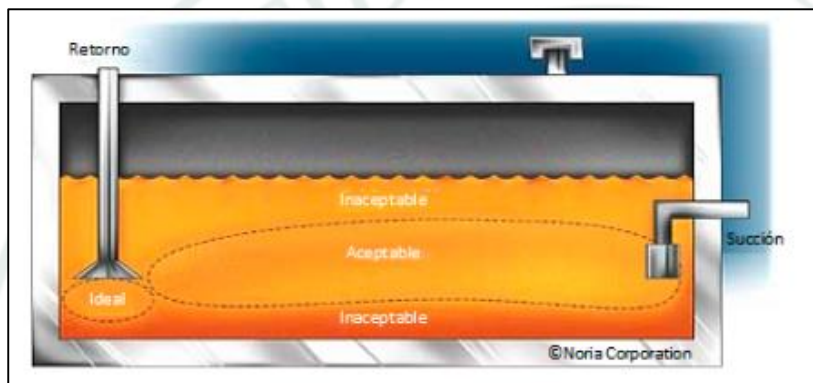
1.1.7.8.1. Gran volumen de purga. En el método de insertar la manguera este va a aumentar sustancialmente el volumen de líquido que debe eliminar para lograr así adquirir una muestra óptima. En algunos casos que cuentan con sistemas de sumideros pequeños, va a tener como resultado prácticamente el cambio de aceite. Además, cuando el volumen de aceite que se eliminó no se reemplaza, la maquina puede iniciar a funcionar con el volumen de lubricante inadecuado. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.8.2. Asentamiento de partículas. Generalmente en la mayoría de los sistemas es necesario apagar la máquina para poner en funcionamiento este método. Esto implica que ocurra un problema en la producción de la toma de muestra de aceite, o también se vea afectada la frecuencia de muestreo debido a las prioridades de producción. En ninguno de los casos es ideal. También es necesario mencionar que las partículas pueden empezar a asentarse y estratificarse en relación con el tamaño y la densidad rápida luego del apagado, esto compromete la calidad de la muestra de aceite. (Noria Corporation, 2023)

1.1.7.8.3. Intrusión en la máquina. Este método es intrusivo. En este método de debe ingresar a la máquina para la toma de muestra. Esta intrusión representa un riesgo de contaminación, y por lo general existe la preocupación que no haya una restauración adecuada de la maquina a la condición de lista para funcionar antes de la puesta en marcha. Cuando se use el muestreo por inserción de manguera y bomba de vacío se tiene que tener con ultimo método de uso. (Noria Corporation, 2023)

Figura 16

Muestreo por manguera y bomba de vacío



Nota. Extraído de (Noria Corporation, 2023).

1.1.7.9. Botellas y equipo para muestreo de aceite. Uno de los factores importantes para poder adquirir una muestra optima se debe estar seguro que el equipo de muestreo este correctamente lavado antes del adquirir la muestra. Usualmente se logra este proceso usando una botella adicional para recolectar el aceite purgado. Se recomienda el lavado de 5 a 10 veces el volumen muerto antes de adquirir la muestra. Se denomina espacio muerto a todo el equipo que entre en contacto con el aceite y este se debe purgar, se incluye: tuberías muertas del sistema (sin flujo) puertos de muestreo, adaptadores y válvulas sondas en dispositivos de muestreo, los adaptadores que se usan en las bombas de extracción de muestreo por vacío con mangueras de plásticos usadas con bombas de vacío (estas mangueras no se deben reutilizar ya que así se evita la contaminación cruzada con otros aceites). (Noria Corporation, 2023)

1.1.8. Definición de términos básicos

- Fricción externa – Fenómeno de resistencia al movimiento relativo que surge entre las superficies de dos cuerpos en contacto, tangencialmente a estas y acompañados de una disipación de energía.
 - Desgaste – Proceso de destrucción y desprendimiento de material de las superficies en contacto, acumulación de deformaciones remanentes durante la fricción y acompañado de variaciones paulatinas de las dimensiones micro y macro geométricas de los cuerpos.
 - Magnitud del Desgaste – Es el resultado del proceso de desgaste, medido en determinadas unidades de longitud, peso, volumen, etc.
 - Resistencia al Desgaste – Propiedad del material de ofrecer resistencia al desgaste para determinadas condiciones de fricción evaluado en magnitudes, inversas a la velocidad de desgaste o intensidad del desgaste.
 - Material lubricante – Material que se aplica a la zona de fricción con el objetivo de disminuir la fricción y la intensidad del desgaste
 - Lubricidad – Acción del material lubricante sobre la superficie de fricción que trae como resultado la disminución de la fricción y el desgaste.
 - Lubricación – Aplicación del material lubricante a la zona de fricción
 - Fricción estática – Fricción entre dos cuerpos con pequeños micro desplazamientos sin pasar al movimiento • Fricción dinámica – Fricción entre dos cuerpos con movimiento relativo
- 15 Principios de tribología aplicados en la ingeniería mecánica
- Fricción seca – Estado de fricción en el cual no existe la presencia del material lubricante
 - Fricción lubricada – Estado de fricción en el cual existe la presencia del material lubricante de cualquier tipo.
 - Fricción por deslizamiento – Fricción entre dos cuerpos con movimiento relativo en los cuales las velocidades en los puntos en contacto son diferentes.
 - Fricción por rodadura – Fricción entre dos cuerpos con movimiento relativo en los cuales las velocidades en los puntos en contacto son iguales en magnitud y sentido.
 - Fuerza de fricción – Fuerza de resistencia al movimiento relativo entre dos cuerpos, tangencial a las superficies en contacto y bajo la acción de cargas externas.

- Velocidad de deslizamiento – Diferencia de velocidades de los cuerpos en los puntos de contacto durante el deslizamiento
- Superficie de fricción – Superficie de los cuerpos que intervienen en el proceso de fricción.
- Coeficiente de fricción – Relación entre la fuerza de fricción y la normal a las superficies de fricción, bajo la compresión mutua de los cuerpos en contacto. (Castillo & Toapanta, 2019)

1.2. Análisis de antecedentes de la investigación

El incremento de la vida útil de los lubricantes y aumento de la disponibilidad de los equipos en ya ha sido tema de investigaciones de otros autores como:

1.2.1. Internacional

Abarca, Claudio (2021), en su trabajo titulado Propuesta de optimización en la utilización de lubricantes en la flota de camiones, realiza un análisis del estado actual del mantenimiento y del ciclo de vida del lubricante utilizado. A partir de este estudio, se plantea la viabilidad de implementar un nuevo plan de mantenimiento preventivo fundamentado en el monitoreo por condición. Las reuniones realizadas con las distintas áreas involucradas, así como con los asesores técnicos de Komatsu y de los motores MTU, permiten concluir que es factible eliminar la intervención programada PM250, siempre que se cumplan ciertos requisitos. Para ello, se propone modificar el protocolo de detención a las 500 horas, realizar inversiones en componentes que garanticen la calidad del lubricante durante ese intervalo y reforzar el sistema de monitoreo de condiciones en tiempo real.

Ortega, Wiliam. (2022), en su Estudio de factibilidad para el aumento de intervalo de cambio de aceite en motores de combustión interna de la estación Monterrey de transporte de hidrocarburos, se señala que la implementación de las recomendaciones propuestas podría generar beneficios económicos anuales superiores a los 256 millones de pesos para la estación Monterrey. Este ahorro estimado se basa en las unidades de bombeo Waukesha y las del descargadero, y proviene principalmente de la reducción en el consumo de lubricante, el aumento en la disponibilidad operativa de los equipos de bombeo y una menor demanda de mano de obra. Cabe destacar que beneficios adicionales, como la disminución del impacto ambiental, no fueron considerados en este cálculo. Asimismo, se concluye que este cambio no afectará negativamente el desempeño, la eficiencia ni la vida útil de los equipos.

1.2.2. Nacional

Suarez, Hugo (2006), en su informe técnico titulado Extensión de intervalos de cambio de aceites lubricantes en equipos pesados de minería e incremento de la vida útil de componentes mayores mediante monitoreo de condiciones, se concluye que, a través del análisis de aceite usado, es posible prolongar los intervalos de cambio recomendados por los fabricantes de dichos equipos. Esta práctica contribuye significativamente a la reducción en la generación de residuos de aceite y al menor consumo de lubricantes, al tiempo que permite ampliar los períodos de reemplazo de componentes mayores en maquinaria como cargadores y camiones. De acuerdo con las especificaciones de Caterpillar, el cambio de aceite debe realizarse cada 250 horas de operación; sin embargo, los resultados obtenidos mediante el monitoreo de condiciones evidencian que, en el caso de los cargadores, este intervalo puede extenderse hasta las 350 horas, y en el caso de los camiones, hasta las 550 horas.

Portocarrero, Rahulet; Rabanal, Yordan (2019), en su tesis Mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad de los remolcadores con motor Cummins ISX en una empresa de transporte de carga, se demuestra que la implementación de un plan de mantenimiento predictivo fundamentado en el análisis de aceite permitió mejorar significativamente la disponibilidad operativa de los remolcadores. En el caso del remolcador R-581, la disponibilidad promedio aumentó en un 6.7 % tras la aplicación del plan. Para el remolcador R-652, el incremento fue del 9.7 %, mientras que en el remolcador R-654 se alcanzó una mejora del 12.8 %.

1.2.3. Local

Apaza, Jorge (2022), en su estudio titulado Prueba de desempeño de motor con el aceite Chevron en la flota de camiones CAT 785D - Mina Shougang Hierro Perú para el cliente San Martín Contratistas Generales - San Juan de Marcona – Ica, concluye que la prueba de desempeño del aceite de motor Chevron fue validada con éxito. La investigación se desarrolló en la flota de camiones CAT 785D de la mina Shougang Hierro Perú, perteneciente al cliente San Martín Contratistas Generales, ubicada en el distrito de San Juan de Marcona, provincia de Ica. Los resultados evidenciaron que se alcanzaron 500 horas de operación manteniendo una tendencia adecuada en los indicadores de salud del aceite, niveles de contaminación y parámetros de desgaste.

Tapia, Eduardo (2023), en su tesis Análisis de la migración y extensión del periodo de cambio del lubricante en el tren posterior de camiones mineros CAT 797F, se concluye que, mediante la aplicación de análisis de aceite y un adecuado control de la contaminación, es posible extender los intervalos de cambio del lubricante en el tren posterior de estos camiones. Esta estrategia no solo contribuye a un aumento en la disponibilidad operativa de los equipos, sino que también reduce la necesidad de reparaciones y de adquisición de nuevos componentes. Además, se estima que la implementación de esta medida en una flota de 25 camiones podría generar un ahorro potencial de 33.679.150 dólares a lo largo de un periodo de nueve años.





CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

1. Problema de la investigación

1.1. Enunciado del problema

Hoy en día en las empresas se busca lograr una máxima producción con mínimos costes de procesos, para lo cual se implementan diversas estrategias y procedimientos para poder cumplir con este fin. A nivel global la demanda de minerales aumenta a gran escala cada año según van apareciendo nuevas tecnologías y la preocupación que se tiene hoy en día por el medio ambiente, busca implementar nuevas tecnologías limpias y amigables con este, según el Foro Económico Mundial; Muchos productos de la minería son fundamentales para la producción de tecnologías energéticas limpias. Minerales como el cobalto, el litio y el cobre desempeñan un papel fundamental en la fabricación de baterías. Asimismo, tecnologías clave para la generación de energía renovable, como las turbinas eólicas, los paneles solares y las plantas geotérmicas, requieren principalmente acero, cuya producción depende de la extracción y procesamiento del hierro. Esta tendencia se extiende a una amplia gama de recursos. Según las proyecciones, para alcanzar las metas establecidas en el Acuerdo de París, será necesario un incremento significativo en la producción de minerales vinculados a la transición energética, estimándose una demanda adicional de 12,2 millones de toneladas entre 2020 y 2040. (Foro Económico Mundial, 2024)

El Perú en los últimos años se convirtió en una potencia a nivel regional de explotación y exportación de diversos minerales, Según Ministerio de Energía y Minas ; La actividad minera desempeña un papel vital en el desarrollo económico del Perú y contribuye significativamente a su crecimiento, en especial por medio del cobre, que alcanzó un récord histórico en el 2023 y consolidó al país como el segundo productor a escala mundial, informó el Minem, esta demanda de minerales involucra a que las empresas de extracción tengan la necesidad de contar con una mayor flota de equipos en sus diferentes procesos. (Ministerio de Energía y Minas, 2024)

En el Cusco se asientan diversos proyectos mineros, los cuales buscan cumplir con la demanda de minerales del mercado, las exploraciones y operaciones mineras han generado mayor demanda de maquinaria para la movilización de los materiales adquiriendo equipos de gran tamaño en sus diversos procesos productivos, uno de los más importantes es el de acarreo de material, La Operación Minera donde se realiza el estudio dispone de una flota de 29 camiones de acarreo entre las marcas Hitachi EH4000AC-3 y Caterpillar 793F. La etapa de carguío y transporte representa uno de los componentes con mayor incidencia en los costos

totales de una operación minera. Esto se debe, en parte, a la elevada inversión de capital que requiere, así como a múltiples factores que incrementan los costos operacionales, tales como el estado del equipo, las condiciones climáticas, entre otros. La detención de una pala o camión durante el proceso productivo genera un aumento en los costos operativos, dado que implica una pérdida de productividad y un periodo de inactividad tanto de los equipos como del personal involucrado. Sabiendo la importancia de la disponibilidad de los equipos de acarreo, actualmente se cuenta con una frecuencia de cambio de aceite de motor de los camiones Hitachi EH4000AC-3 y Caterpillar 793F de 250 horas, lo cual implica mayores paradas de los equipos, mayores costos de mano de obra, costos de lubricantes y una generación de residuos (aceite usado y filtros). El área de confiabilidad buscando nuevas estrategias de mantenimiento, a través del mantenimiento basado en la condición y un mejor conocimiento de los productos lubricantes, programas de capacitación y el uso de las mejores herramientas predictivas, se busca mejorar el rango de intervalos de cambio de lubricante de motor extendiéndolo a 500 horas. Anteriormente se realizaron las pruebas en motores con aceite marca Móvil no satisfaciendo los resultados esperados, Actualmente se realizó las gestiones para empezar pruebas con otro proveedor de la marca Chevron en el motor MTU 16V4000 del camión Hitachi TR020. (Tapia, Francisca, 2018)

De lo expuesto anteriormente, nace el problema de la presente investigación que es determinar si la prueba de migración y extensión de la vida útil del aceite de motor en camiones mineros Hitachi EH400ac-3, cumple con las exigencias fisicoquímicas del aceite, aumenta la disponibilidad del equipo, proporciona menos desechos de lubricante al medio ambiente y mejora los costos de mantenimiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo evaluar las condiciones que permitan extender el periodo de cambio de lubricante en los motores de camiones Hitachi EH4000ac para optimizar su eficiencia?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Es posible determinar si el lubricante seleccionado proporciona las características fisicoquímicas deseadas que permitan extender el periodo de cambio de lubricante en los motores de camiones Hitachi EH4000ac para optimizar su eficiencia?
- ¿Cuál es la relación que existe entre la extensión de horas de trabajo del lubricante y la disponibilidad del camión de acarreo Hitachi EH4000AC-3 para optimizar su eficiencia?
- ¿Cuál la relación que existe entre la extensión de horas de trabajo del lubricante y la generación de residuos durante la extensión de horas de trabajo en los motores del camión Hitachi EH4000AC-3 para optimizar su eficiencia?
- ¿Cómo determinar el beneficio resultante entre la extensión de horas de trabajo del lubricante y los costos de mantenimiento durante la extensión de horas de trabajo en los motores del camión Hitachi EH4000AC-3 para optimizar su eficiencia?

1.3. Descripción del problema

1.3.1. Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada. Este enfoque se orienta a la producción de conocimientos con utilidad directa para la resolución de problemáticas específicas de la sociedad o del ámbito productivo. Se sustenta principalmente en los avances tecnológicos derivados de la investigación básica, centrándose en establecer la conexión entre los fundamentos teóricos y su aplicación práctica en productos o soluciones concretas. (Lozada, 2014)

Nivel de investigación: descriptivo. De acuerdo con Guevara et al (2020), la investigación descriptiva tiene como finalidad caracterizar de manera sistemática ciertos aspectos esenciales de conjuntos homogéneos de fenómenos. Para ello, emplea criterios metodológicos que permiten identificar la estructura y el comportamiento de los elementos analizados, generando información ordenada que puede ser contrastada con otras fuentes.

Enfoque: cuantitativo. Este enfoque se centra en la obtención y análisis de datos numéricos. A través de la observación estructurada, se recolectan datos que posteriormente son procesados mediante herramientas estadísticas con el fin de responder a preguntas de investigación claramente definidas. Implica la medición de variables, el cálculo de frecuencias y la elaboración de estadígrafos representativos de una población. Según Hernández et al, este tipo de investigación parte de un problema específico y delimitado, y considera fundamental la revisión de estudios previos, conocida como revisión de la literatura, para sustentar el marco teórico y metodológico del estudio. (Hernández et al, 2010)

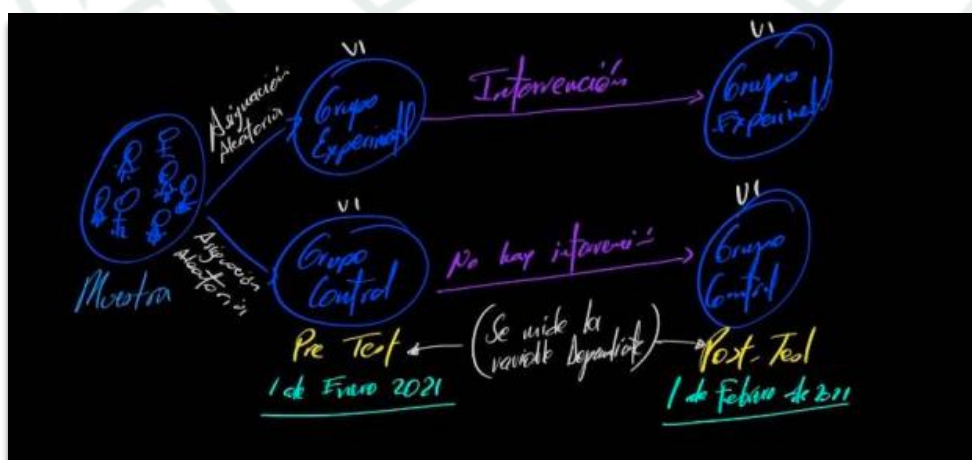
1.3.2. Métodos de investigación

Método de investigación: hipotético-deductivo. De acuerdo con Klimovsky (1971), este método se fundamenta en la contrastación de hipótesis como un mecanismo para evaluar la validez o aceptabilidad de las teorías científicas. Este proceso, que implica someter las hipótesis a pruebas empíricas, es considerado por algunos autores como una característica definitoria de su condición científica.

Diseño de investigación: experimental. El estudio adoptará un diseño experimental, el cual, según Ramos, se distingue por la manipulación de uno o más niveles de la variable independiente, dependiendo de la cantidad de grupos definidos por el investigador. Asimismo, este diseño contempla la medición de la variable dependiente tanto antes como después de la intervención, es decir, mediante la aplicación de pruebas pre y postest. (Ramos, 2021)

Figura 17

Investigación experimental



Nota. Extraído de (Ramos, 2021).

1.4. Justificación

1.4.1. Aspecto general

La justificación de la presente investigación permitirá conocer la relación que existe la extensión del periodo de cambio de aceite y la vida útil del lubricante mediante la aplicación de monitoreo de condición para asegurar los componentes de los equipos en prueba y la detección temprana de fallas.

1.4.2. Aspecto técnico

Mediante la implementación de este estudio técnico nos brinda un incremento en la eficiencia y productividad aumentando la disponibilidad de los equipos de acarreo de la empresa haciendo uso de la tecnología de nuevos lubricantes.

1.4.3. Aspecto económico

Se busca reducir los costos de mantenimiento mediante la extensión de la vida útil del lubricante para beneficio de la empresa, asimismo generar menos paradas de los equipos de acarreo, la disminución del uso de mano de obra en los procesos de mantenimiento preventivo y menor uso de recursos de lubricantes reflejados en un ahorro para el área.

1.4.4. Aspecto ambiental

Mediante la extensión de la vida útil del lubricante se busca disminuir el consumo de lubricantes generando así una reducción en la generación de aceites usados, beneficiando así al medio ambiente, evitando menor manipulación de estos y posibles derrames.

1.4.5. Operacionalización de variables

1.4.5.1. Variables

1.4.5.1.1. Variable I.: Características del lubricante. Según Noria Corporation (2024), un lubricante es una sustancia cuya función principal es disminuir la fricción, el calor y el desgaste que se produce entre superficies sólidas en contacto, al actuar como una película intermedia entre ellas. La elección adecuada del lubricante contribuye significativamente a prolongar la vida útil de componentes como rodamientos y maquinaria en general, generando beneficios económicos y operativos al reducir el tiempo de inactividad, los costos de mantenimiento y la necesidad de intervención manual. Esto, a su vez, mejora la eficiencia y la confiabilidad de los procesos industriales.

1.4.5.1.2. Variable II.: Eficiencia de Camión minero. Según Caterpillar (2024), un camión minero también denominado volquete minero, yucle o camión de acarreo pesado— es un vehículo todoterreno con chasis rígido, diseñado específicamente para su utilización en operaciones mineras de gran escala o en tareas de construcción que implican cargas de trabajo particularmente exigentes.

1.4.6. Dimensiones

1.4.6.1. Dimensiones de riesgos ergonómicos

- Salud.
- Contaminación.
- Desgaste.

1.4.6.2. Dimensiones del desempeño laboral

- Disponibilidad.
- Costos de mantenimiento.
- Generación de residuos.

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Componentes	Indicadores	Medidas	Instrumento	Escala de Medición	
Característica del Lubricante	Según Noria Corporación (2024), “Es una sustancia que reduce la fricción, el calor y el desgaste cuando se introduce como una partícula entre las superficies sólidas.	La operacionalización de la variable Lubricante se centra en la metodología SACODE, Salud, Contaminación y desgaste del aceite.	Salud	Viscosidad	CST	14.5	<i>Técnica:</i> Observación	Ordinal. 0-100	
				Oxidación	Abs/0.1mm	0.050			
				Índice PQ	Ppm	0			
			Contaminación	Aditivos	Ppm	30	<i>Instrumento:</i> Reporte Análisis de laboratorio		
				Silicio	Ppm	10			
				Combustible	Ppm	0			
		Desgaste		Cobre	Ppm	10			
				Plomo	Ppm	0			
Eficiencia de camión minero	Según Caterpillar (2024), “Camión minero es un vehículo todoterreno específicamente diseñado para ser usado en la explotación minera a gran escala o para trabajos extremadamente pesados en construcción”.	La operacionalización de la variable Camión Minero se centra en las dimensiones de Disponibilidad y costos de mantenimiento.	Disponibilidad	Horas planificadas	Horas	100%	<i>Técnica:</i> Observación	Ordinal. 0-100	
				Costo de Lubricante	Dólares	100%			
			Costos de mantenimiento	Costo de Filtro	Dólares	100%	<i>Instrumento:</i> Ficha de registro de datos.		
				Generación de residuos					
				Aceite usado	Galones	100%			

1.4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1.4.7.1. Técnicas. “Para la investigación se utilizó las siguientes técnicas: Análisis Documental” (Hernández et al, 2010).

1.4.7.2. Instrumento. El instrumento que se utilizó para la recopilación de datos fue el Análisis de laboratorio y la Ficha de registro de datos., con una escala, para ello se establecieron los niveles de resultados de las muestras de aceite, por escala numérica del 1 al 100 para cada ítem. (Hernández et al, 2010)

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento
Análisis Documental	Ficha de registro de datos Análisis de laboratorio

Nota. Extraído de (Hernández et al, 2010).

1.4.8. Campo de verificación

1.4.8.1. Ubicación espacial. El Perú durante los últimos años se ha convertido en uno de los mayores exportadores de materia prima de la región, según el Minedu el Perú aumento su producción cuprífera en un 12.7% en el 2023 colocándolo en el segundo mayor productor a nivel mundial.

El presente estudio involucra a dos empresas, una Unidad minera en el sur del país y un socio estratégico encargado de la lubricación de los equipos de operaciones mina, los cuales involucra equipos de perforación, carguío, acarreo y soporte donde se aplicará el presente estudio. La Unidad minera se encuentra ubicada en el departamento de cusco a una altura de 4121 m.s.n.m. cuya planta necesita cubrir una alimentación promedio de 89.000 toneladas de materia prima por día.

Se seleccionó el sistema de motor del camión Hitachi EX5600-6 para el estudio por ser uno de los componentes más críticos y mayor costo a la hora de su reemplazo en condiciones de falla, diariamente este equipo recorre aproximadamente siete kilómetros desde el tajo hacia la planta, su disponibilidad y fiabilidad es indispensable siendo una pieza importante en el movimiento de materia prima.

1.4.8.2. Perforación. Son equipos encargados de abrir tiros en el macizo rocoso, con una distribución, medidas y geometría adecuada según los estudios del área de geología para poder en su interior alojar las cargas explosivas, que posteriormente al ser detonadas preparen el terreno para facilitar a las máquinas de carguío poder disponer del material.

1.4.8.2.1. Equipos.

- Perforadora Atlas Copco PV271
- Perforadora Epiroc SmartRoc D65

1.4.8.3. Carguío. Son equipos encargados de retirar el material tronado en los bancos y depositarlos en máquinas de transporte o acarreo.

1.4.8.3.1. Equipos

- Pala hidráulica Hitachi EX5600-6
- Cargador Cat 994 H/ 994 H

1.4.8.4. Acarreo. So equipos cuya función es el movimiento de material producto de la voladura en los bancos, material fragmentado que se ubica en el lugar de la explotación, que puede ser material estéril o mineral, en el primer caso será transportado hacia los depósitos de material y en el segundo que contenga mineral hacia la planta de tratamiento.

1.4.8.4.1. Equipos

- Camión Cat 793 F
- Camión Hitachi EH4000AC-3

1.4.8.5. Soporte. Son equipos que no intervienen directamente en el proceso de explotación, pero si son importantes para la misma, algunas funciones que cumplen son el mantenimiento de las vías, empuje de material, regadío y mitigación de aspectos ambientales.

1.4.8.5.1. Equipos

- Cisterna Cat 777 F
- Tractor de orugas Cat D10T/ D10T2
- Tractor de rudas Cat 824K/ 854K
- Motoniveladoras Cat 16M/ 24M

1.4.8.6. Ubicación temporal. Periodo mayo 2024 octubre 2024

1.4.8.7. Unidades de estudio.

1.4.8.7.1. Población. Se entiende como la totalidad de un fenómeno de estudio. Por lo tanto, la población se conformó por toda la flota de acarreo del proyecto minero ubicado en cusco, esta cuenta con un total de 29 camiones entre las marcas Caterpillar e Hitachi.

Tabla 3

Flota de camiones de acarreo

Flota de camiones de acarreo proyecto en Cusco	
Camiones CAT 797F	23
Camiones Hitachi EH4000AC-3	6
Total	29

1.4.8.7.2. Muestra. La coordinación realizada con el área de Confiabilidad se llegó a un acuerdo que el equipo en prueba será el camión Hitachi HE4000AC-E TR020 cumpliendo los siguientes criterios:

- Equipo con condiciones de operación, recorrido y tiempo de vida útil en rangos normales.
- Equipo que no cuenten con elevado desgaste o se acerquen a una reparación del componente.
- Equipo que no cuenten con antecedentes de fallas operativas que afecten el desempeño de la prueba.
- Equipo que se encuentre en condiciones de operaciones normales.

1.4.8.7.3. Muestreo. Se entiende como el subconjunto de la población en estudio, lo cual comprende la flota de 6 camiones de la marca Hitachi EH 4000AC-3.

1.4.9. Técnicas de procedimiento y análisis de datos

“Se definieron los lineamientos, parámetros de evaluación y responsabilidades para el desarrollo de la prueba del aceite de motor Chevron DELO® 400 XLE SB 15W-40, CK-4 en el camión Hitachi, con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los equipos” (Hernández et al, 2010).

Tabla 4*Equipo asignado para la prueba*

ID	Marca E.	Modelo E.	Serie E.	Marca Motor	Modelo	Serie Motor	Horas Motor(*)	Horas totales del equipo
TR020	HITACHI	EH4000 AC-3	HCMQ F90J000 50051	MTU	16V4000	5272011814	3,979	47364

1.4.10. Especificaciones de los lubricantes

Las especificaciones del fabricante recomiendan el uso de un aceite con normativa API CG-4

Figura 18*Especificaciones del fabricante*

Selección de Aceite e Intervalos Series 4000		
Categoría Preferencial	Aceite	Intervalos de Drenado
1	API CG-4 & ACEA E2-96	250 Hours / 1 Año
2	ACEA E3-96	500 Hours / 1 Año

Nota. Extraído de (Zamine Chile, 2024).

Recomendaciones sobre el uso de lubricante en motores MTU serie 4000. Actualmente en la operación se utiliza el lubricante Móvil Delvac MX 15w-40, se realiza la comparación de las especificaciones de los lubricantes en prueba para ver la compatibilidad de los mismos y asegurar la vida del componente motor. Comparativa del lubricante en uso y el lubricante propuesto. (Zamine Chile, 2024)

Tabla 5*Comparativa de lubricantes*

Características / Propiedades	Móvil DELVAC MX 15W-40 (Uso)	Delo 400 XLE SB SAE 15W-40 (Recomendado)
Básico	Mineral	Semisintético
API	CI-4	CK-4
Viscosidad Cinemática 100°C, mm²/s	14.4	14.9
Viscosidad Cinemática 40°C, mm²/s	106	110
Índice de Viscosidad	140	141
Viscosidad, Arranque en Frío, °C/mPa.s	-	-20/5200
Viscosidad, MRV, °C/mPa.s	-	-25/17,500
Viscosidad, HTHS, mPa.s	-	4.2
Punto de Inflamación, °C	228	230
Punto de Esguerrimiento, °C	-30	-39

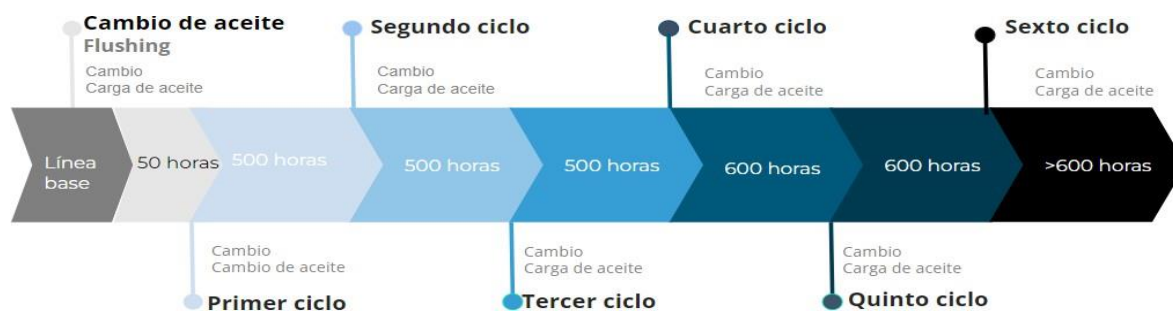
Nota. Extraído de (Chevron Lubricantes, 2022).

1.4.11. Cronograma de actividades realizadas

“La duración de la prueba en el camión Hitachi tuvo una duración de 5 meses aproximadamente, ya que el camión trabaja alrededor de 20 horas diarias, 140 semanales y 560 horas mensuales, por eso se consideró” (Apaza, 2022).

Figura 19

Etapas de la prueba



Horas	Línea base	Flushing	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo	Cuarto ciclo	Quinto ciclo	Sexto ciclo
0	MAN(07) MA(04)							
50		MA(05) + MFA + MC CA y CFA						
100			MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)
200			MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)
250 - 300			MA(04) + MFA CFA	MA(04) + MFA CFA	MA(04) + MFA CFA	MA(04) + MFA CFA	MA(04) + MFA CFA	MA(04) + MFA CFA(*)
350			MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)
400			MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)
450			MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)	MA(03)
500			MA(05) + MFA + MC CA y CFA	MA(05) + MFA CA y CFA	MA(05) + MFA + MC CA y CFA	MA(03)	MA(03)	MA(03)
550						MA(03)	MA(03)	MA(03)
600						MA(05) + MFA CA y CFA	MA(05) + MFA + MC CA y CFA	MA(03)
>650								MA(05) + MFA CA y CFA

MAN: Muestreo de aceite nuevo, MA: Muestreo de aceite, MFA: Cambio e inspección de filtro
MC: Muestreo de combustible, CA: Cambio de aceite, CFA: Cambio de filtro de aceite

1.4.11.1.Línea base. La finalidad de esta etapa es documentar y analizar la condición de los motores asignados para la prueba. Se requiere la siguiente información:

- Horas y PCRs de los motores.
- Historial de análisis de aceite.
- Data VIMS.
- Descarga ET

Se deben tomar muestras del aceite nuevo (anotar el número de lote).

1.4.11.2.Flushing. Esta etapa se inició con el drenaje íntegramente del aceite en uso actual y la carga inicial del aceite nuevo Delo® 400 XLE SB SAE 15W-40. Transcurridas las 50 horas de operación, se deberá drenar el aceite y cambiar los filtros de aceite.

Las actividades que se realizaron son las siguientes:

- Identificar el equipo con etiquetas en zonas visibles (figura 19)
- Muestrear el aceite usado y nuevo del producto actual.
- Muestrear el aceite nuevo Delo® 400 XLE SB (04 muestras, anotar el número de lote).
- Inspeccionar el filtro de aceite usado con el producto actual.

Figura 20

Etiqueta aceite chevron en prueba



Nota. Extraído de (2022).

1.4.11.3. Primer ciclo, segundo ciclo y tercer ciclo. La periodicidad para el cambio de aceite, así como la frecuencia de muestreo, se encuentran establecidas en la tabla N.º 6, siempre que los parámetros obtenidos en el análisis del aceite en uso no excedan los límites críticos determinados por la Unidad Minera.

Al finalizar la etapa se revisó la variación de la viscosidad y su correlación con los demás parámetros de análisis de aceite.

- Las frecuencias de muestreo cada 100 horas hasta completar las 300 horas de trabajo, después los muestreos cada 50 horas hasta llegar al objetivo de 500 horas.
- Las muestras de aceite se tomaron por duplicado.
- Se verifico y llevo un registro del consumo y/o relleno de aceite antes de cada muestreo de aceite. (Apaza, 2022)

1.4.11.4. Cuarto ciclo y quinto ciclo. El cambio de aceite y la frecuencia de muestreo se definió en la tabla N°6, sólo en caso los parámetros del análisis de aceite en servicio no sobrepasen los límites críticos (definidos por la Unidad minera).

Al finalizar la etapa se revisó la variación de la viscosidad y su correlación con los demás parámetros de análisis de aceite.

- Las frecuencias de muestreo cada 100 horas hasta completar las 300 horas de trabajo, después los muestreos serán cada 50 horas hasta llegar al objetivo de 600 horas.
- Las muestras de aceite se tomaron por duplicado.
- Se verifico y llevar un registro del consumo y/o relleno de aceite antes de cada muestreo de aceite. (Apaza, 2022)

1.4.11.5. Sexto ciclo. El cambio de aceite y la frecuencia de muestreo se definió en la tabla N°6, sólo en caso los parámetros del análisis de aceite en servicio no sobrepasen los límites críticos (definidos por Unidad minera).

Al finalizar la etapa se revisó la variación de la viscosidad y su correlación con los demás parámetros de análisis de aceite.

- Las frecuencias de muestreo cada 100 horas hasta completar las 300 horas de trabajo, después los muestreos cada 50 horas hasta llegar al punto de inflexión (cambio por condición), por encima de las 650 horas.
- Las muestras de aceite se tomaron por duplicado. (Apaza, 2022)

1.4.12. Responsabilidades

1.4.12.1. Unidad minera

- Proporciona tres camiones en condiciones estándares.
- Asume el aceite para la sexta etapa de prueba (5 cilindros)
- Facilita personal e instalaciones necesarias para asegurar la integridad de la prueba.
- personal de muestreo y cambios de aceites.
- Almacena y aplica el aceite de acuerdo a las mejores prácticas de control de contaminación.
- Realizar el análisis de aceite y Compartir historial.

- Difunde el protocolo de prueba a todo el personal de las áreas de mantenimiento, confiabilidad y planeamiento.
- Alerta de inmediato al personal del socio estratégico sobre cualquier problema mecánico asociado con la unidad(es) y/o componentes de la prueba.
- Al finalizar la prueba, proporcionar testimonios sobre el rendimiento del producto.

1.4.12.2. Socio estratégico

- Proporciono el aceite para el flushing, primer, segundo, tercer, cuarto y quinto ciclo (29 cilindros)
- Entrega un coche de lubricación neumática para el uso exclusivo del aceite Chevron Delo 400 XLE SB 15W-40 (Calidad de préstamo).
- Facilita personal técnico in situ para monitorear la prueba. (estar presentes en el muestreo)
- Alerta de inmediato al personal de la operación minera sobre cualquier observación o desviación de la prueba.
- Al finalizar cada etapa, realiza una presentación de los resultados de la prueba. (Apaza, 2022)

1.4.13. Procedimiento de toma de muestra

- La muestra debe ser tomada con el equipo en funcionamiento, es decir, a temperatura operativa, para garantizar la representatividad del fluido en condiciones reales de trabajo.
- Se debe evitar el uso de materiales como el “waype” tanto para la limpieza del equipo como para la higiene personal durante el proceso de mantenimiento o muestreo, a fin de prevenir la contaminación.
- Al introducir la manguera plástica, es fundamental asegurarse de que su extremo no haga contacto con el fondo del compartimiento ni con superficies que puedan estar contaminadas.
- El tubo plástico empleado para la toma de muestra está diseñado para un solo uso, por lo que no debe reutilizarse en futuras extracciones.

- En caso de que el aceite se encuentre a una temperatura elevada, se debe minimizar el tiempo de exposición de la manguera dentro del equipo, con el objetivo de evitar su degradación o alteraciones en la muestra.
- Es imprescindible evitar la contaminación por partículas de polvo en el frasco recolector, tanto antes como después de la toma; por ello, el recipiente debe permanecer cerrado y ser abierto únicamente al momento de introducir el fluido. (Lefresne, 2022)

1.4.13.1. Aspectos de seguridad. Durante el muestreo de lubricantes, el personal se encuentra expuesto a muchos riesgos, tales como:

- Quemaduras
- Caídas
- Golpes
- Resbalones

Por estos motivos, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Utilizar equipo de protección personal (mameluco, casco, lentes, botas, guantes)
- En el caso de puntos de muestreo ubicados por encima de 1.80 m utilizar el arnés de seguridad
- Limpiar las zonas con derrames de aceite.
- Si se encontrara el operador, comunicar los trabajos a realizar, de lo contrario utilizar el candado de bloqueo.
- Utilizar herramientas apropiadas, no herramientas hechas.
- Tener cuidado con los tapones en los puntos de toma de muestra, se debe primero liberar presión antes de retirarlos. (Lefresne, 2022)

1.4.13.2. ¿Cómo logramos un muestreo eficaz?

- Selección del punto de muestreo.
- Emplear el método correcto.
- Etiquetado de los frascos de muestra.
- Documentar los procedimientos.
- Entrenar al personal que toma las muestras.

- Utilizar botellas para toma muestras acordes con el objetivo de limpieza de la máquina.
- Proveer las herramientas y equipos necesarios (en cantidad y calidad) para la toma de muestras por cada lubricante utilizado.
- Determinar la frecuencia de muestreo con base en los objetivos de confiabilidad. (Lefresne, 2022)

1.4.13.3. Selección del puerto de muestreo. La elección adecuada del punto de muestreo de aceite es fundamental, ya que una ubicación incorrecta podría generar resultados no representativos del estado real del lubricante. Es importante considerar que no todas las zonas dentro de la maquinaria ofrecen el mismo nivel de información; algunas proporcionan datos más relevantes que otras. La ubicación óptima para la toma de muestra dependerá del diseño y funcionamiento del sistema de lubricación del equipo rotativo en evaluación. (Lefresne, 2022)

1.4.13.4. Tipos de Sistemas de Lubricación

1.4.13.4.1. Sistema de Lubricación por circulación. Los sistemas en los que el aceite es aspirado y descargado a un circuito de lubricación a través de una bomba de engranajes o de desplazamiento positivo, están compuestos por un depósito de aceite (cárter) que puede estar integrado al equipo rotativo o ser independiente de este. Además, incluyen una bomba de desplazamiento positivo, un filtro, un enfriador de aceite, así como los instrumentos y las tuberías necesarias para la circulación y el retorno del aceite. La toma de muestras debe realizarse en la línea de retorno o drenaje, es decir, antes de que el aceite regrese al tanque y antes de pasar por los filtros. (Lefresne, 2022)

1.4.13.4.2. Sistema de Lubricación por salpique. Se trata de sistemas en los que el aceite es dispersado por el propio mecanismo que está siendo lubricado o por componentes relacionados con este. En estos casos, se incluyen sistemas como los de salpicadura mediante engranajes, anillos, cadenas, discos, cangilones, entre otros. (Lefresne, 2022)

1.4.13.4.3. Sistema de lubricación por presión de aceite en la succión y en la descarga. Son sistemas en los que el aceite circula a través de un conjunto de tuberías, realiza una función específica y luego regresa al depósito de aceite bajo una presión establecida. En este tipo de sistemas, el aceite se emplea principalmente como fluido hidráulico, más que como un lubricante.

1.4.13.5. Métodos de muestreo

1.4.13.5.1. Muestreo por succión por manguera plástica. Es uno de los métodos más comunes de tomar muestras en tanques y depósitos estáticos. El acceso se da a través de los puertos de llenado y/o la varilla de medición. La bomba produce un vacío en el frasco, fluyendo el aceite por la manguera hacia este. (Noria Corporation, 2023)

Figura 21

Muestreo de aceite de motor con bomba de vacío



Nota. Fotografía tomada por el investigador.

1.4.13.5.2. Muestreo por conector (Minimess) portátil

Proporciona una manera fácil de identificar el ingreso de contaminantes, detectar desgaste que está siendo generado en la bomba, evaluar la limpieza del aceite que está siendo alimentado a los componentes, proporciona el historial contra el que se evaluarán las muestras provenientes de las líneas de retorno.

Figura 22

Puerto de muestra rápida motores MTU

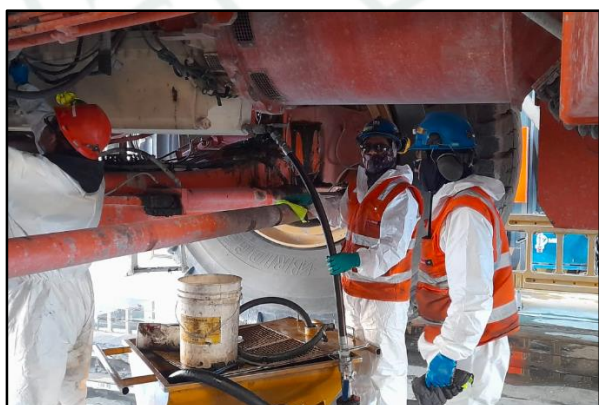


Nota. Fotografía tomada por el investigador.

1.4.13.5.3. Muestreo por puerto de drenado. La muestra obtenida por este método es una muestra básicamente para inspección y no es una buena muestra para ser enviada al laboratorio. La razón más importante es que los sedimentos, partículas de desgaste, etc. que se encuentran en el fondo entrarán en la botella en condiciones que no son representativas ya que proporcionan una colección de partículas que ha ocurrido en la maquinaria anteriormente. Este método deberá evitarse siempre que sea posible. (Monje, 2018)

Figura 23

Drenado de aceite de motor



Nota. Fotografía tomada por el investigador.

1.4.13.6. Consideraciones

1.4.13.6.1. Limpieza en el muestreo. Para los dos métodos de muestreo vistos anteriormente, se puede agregar un paso importante al trabajar con la botella de muestra, tratando de exponerla lo menos posible a contaminación. Es así como se recomienda trabajar la toma de muestra con la botella y la muestra de filtro dentro de una bolsa plástica tipo zip lock, tal y como se muestra en la figura adjunta. (Monje, 2018)

Figura 24

Etiquetado de muestras para envío a laboratorio



Nota. Fotografía tomada por el investigador.

1.4.13.6.2. Muestra. El frasco debe almacenar la muestra de lubricante sólo hasta las 3/4 partes de su volumen (referencial), sin embargo, esta cantidad varía según la viscosidad de cada fluido:

- Viscosidad menor a ISO VG 32 3/4 botella
- Viscosidad entre ISO VG 32 e ISO VG 100 2/3 botella
- Viscosidad mayor a ISO VG 100 1/2 botella

Esta consideración es importante ya que para la mayoría de las pruebas de laboratorio se requiere agitar la muestra y lograr que los contaminantes se encuentren en suspensión. Además, no olvidar que antes de la muestra representativa debemos obtener la muestra de purga. Esta sirve para purgar dispositivos de toma de muestra y para limpiar la manguera de los contaminantes propios de su almacenamiento. En caso sea necesario y no esté seguro de la limpieza de la botella, obtener un poco de muestra, para enjuagarla, arrastrando los contaminantes. (Monje, 2018)

1.4.13.6.3. Identificación de la botella de la muestra. Al llenar el rotulo de información, asegúrese de llenar todos los campos solicitados, ya que son indispensables para el ingreso de la información al Software del Laboratorio.

Figura 25

Codificación de botellas de muestra para envío a laboratorio



Nota. Fotografía tomada por el investigador.

Toda esta información solicitada será de vital importancia al momento de la interpretación de los resultados para generar tendencias (fecha, horas de equipo, horas de aceite) y para analizar los diferentes tipos de equipos (marca, modelo, componente, lubricante), etc. (Monje, 2018)

1.4.14. Establecimiento de los límites aceptables

Al establecer los límites de tolerancia o alertas, nos ayuda a identificar que la maquina en estudio presenta desviaciones o síntomas que podrían generar fallas, mediante el análisis del lubricante y sus resultados, podemos identificar daños en su etapa inicial y establecer estrategias de mantenimiento antes de la falla.

La interpretación de los resultados del análisis del lubricante se realizó utilizando la estrategia de SACODE, siglas que hace referencia a:

- Salud del lubricante
- Contaminación
- Desgaste. (Tapia, 2023)

1.4.14.1.Límites de salud. “Está relacionado directamente con la degradación del lubricante, afectando sus propiedades físicas químicas y de sus aditivos” (Tapia, 2023).

1.4.14.2.límites de contaminación. “En control de las partículas contaminantes son muy importantes para prolongar la vida útil del lubricante” (Tapia, 2023).

1.4.14.3.límites de desgaste. “Estos límites son los más importantes porque miden el aumento o la variación de las partículas de desgaste mecánico durante los siglos de trabajo del equipo, estos límites son proporcionados por los fabricantes” (Tapia, 2023).

Tabla 6

Tabla de límites recomendados por laboratorio

EH4000 AC		Límites recomendados (cálculos estadísticos)		
250 Hrs		NORMAL	PRECAUCIÓN	ALERTA
Oxidación	Abs/0.1 mm	0.034	3	8
Nitración	Abs/0.1 mm	0.000	3	8
Sulfatación	Abs/0.1 mm	135.715	1157	1668
Silicio	ppm	2.786	5	1
Hollín	Abs/0.1 mm	0.856	1.9	2.4
Sodio	ppm	1.631	6	7
Potasio	ppm	0.631	1	2
Hierro	ppm	13.692	22	30
Cobre	ppm	0.508	3	8
Plomo	ppm	0.164	1	2
Estaño	ppm	0.560	1	2
Aluminio	ppm	0.745	2	3

Nota. Elaboración propia del investigador.

Los límites establecidos por el laboratorio de unidad minera para el camión minero Hitachi establecido para un trabajo de lubricante de motor a 250 horas.

1.4.14.4.Línea base. Son las características originales del lubricante nuevo como la Viscosidad, conteo de partículas, los aditivos; el Silicio se puede utilizar como un aditivo antiespumante a base de Metilsilicona o también puede ser producto de contaminación por polución, conocer la línea base del lubricante nuevo nos ayuda a tener un mejor resultado al momento de la interpretación de los resultados y tener como referencia de inicio de control de los elementos e identificar la degradación del lubricante, presencia de contaminantes o incremento del desgaste de los componentes. (Helguero & Arellano, 2009)

Tabla 7

Resultados de muestra de aceite nuevo Delo® 400 XLE SB SAE 15W-40

Viscosidad Cinemática 100°C, mm²/s	14.55
Viscosidad Cinemática 40°C, mm²/s	106.5
Índice de Viscosidad	141
BN, mg KOH/gr	8.01
Si, ppm	5.7
B, ppm	410
Mg,ppm	346
Mo,ppm	93
P, ppm	953
Zn, ppm	1100
Ca, ppm	1280
Al, ppm	1.4

Especificaciones de las características de línea base del aceite nuevo Delo® 400 XLE SB SAE 15W-40.



CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

1. Extensión del drenado del lubricante de motor

1.1. Resultado del análisis del lubricante mineral del camión TR020

Tabla 8

Resultados del análisis – Salud del lubricante mineral

Descripción Equipo	Código	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Boro	Calcio	Fósforo	Magnesio	Nitración A/0.1mm	Nitración Abs/0.1mm	Oxidación A/0.1 mm
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51228	238	0.98	1657	1157	1109	0.1064	10.644	0.1077
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51507	279	1.02	1643	1243	1385	0.1155	11.545	0.1172
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51755	248	0.79	1479	1224	1257	0.1153	11.529	0.1166
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52025	270	1.36	1437	1190	1352	0.0230	2.297	0.0200
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52232	207	1.39	1522	1163	1280	0.0839	8.391	0.0937

Nota. Se consideraron 5 muestras como parámetro de comparación para la salud del lubricante. Desde las 51228 a 52232 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 9

Resultados del análisis – Contaminación del lubricante mineral

Descripción Equipo	Código	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Combustible	Hollin Abs/0.1mm	Indicador De Refrigerante	Potasio	Silicio	Sodio
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51228	238	0.30	1.15	0	0.27	4.03	1.02
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51507	279	0.40	1.22	0	0.18	3.37	0.91
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51755	248	0.60	1.00	0	0.94	8.12	0.86
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52025	270	0.00	0.20	0	0.28	9.99	0.91
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52232	207	0.30	0.78	0	0.40	3.38	0.79

Nota. Se consideraron 5 muestras como parámetro de comparación para la contaminación del lubricante. Desde las 51228 a 52232 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 10

Resultados del análisis – Desgaste del lubricante mineral

Descripción Equipo	Código	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Aluminio	Cobre	Cromo	Estaño	Hierro	Índice PQ	Níquel	Plomo
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51228	238	0.34	0.62	0.33	0.61	9.75	4	0.17	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51507	279	0.67	0.81	0.47	0.63	14.49	4	0.04	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	51755	248	0.62	0.77	0.42	0.65	11.64	6	0.00	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52025	270	0.53	0.19	0.2	0.82	3.8	4	0.11	0.04
CAMIONES	TR-020	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52232	207	0.52	0.65	0.31	1.27	10.43	3	0.21	0.33

Nota. Se consideraron 5 muestras como parámetro de comparación para el desgaste del lubricante. Desde las 51228 a 52232 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

1.2. Resultado del análisis del lubricante sintético del camión TR020

Tabla 11

Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético primer ciclo

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Boro	Calcio	Fósforo	Magnesio	Nitración A/0.1mm	Oxidación A/0.1 mm	Sulfatación Abs01Mm	Viscosidad 100°C cSt	Zinc
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52275	43	255.77	1332	896.27	323	0.0260	0.0146	0.0000	14.0	1500
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52372	97	326	1519	962	308	0.0407	0.1601	0.0000	13.9	1564
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52403	128	303	1448	992	321	0.0570	0.0392	0.0000	13.8	1444
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52509	234	298	1669	971	330	0.103	0.0876	0.0000	13.9	1409
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52568	293	279	1557	997	307	0.1019	0.0889	0.0000	14.0	1333
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52641	366	279	1675	996	352	0.1395	0.1279	0.0000	14.3	1433
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52674	400	253	1550	1070	334	0.1536	0.1422	0.0000	14.3	1396
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52727	453	239	1669	979	332	0.1842	0.1618	0.0000	14.7	1508
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52777	502	223	1443	1239	361	0.1822	0.1601	0.0000	15.0	1356
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52794	519	226	1585	1065	339	0.1891	0.1674	0.0000	15.2	1418

Nota. Se realizó la toma de 10 muestras como parámetro de control en el primer ciclo después de la migración para saber la salud del lubricante durante la prueba. Desde las 52275 a 52794 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mm²/s = cSt, Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 12

Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético segundo ciclo

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Boro	Calcio	Fósforo	Magnesio	Nitración A/0.1mm	Oxidación A/0.1 mm	Sulfatación Abs01Mm	Viscosidad 100°C cSt	Zinc
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52896	102	289	1529	1028	321	0.0647	0.0414	0.0000	14.1	1366
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52983	189	253	1348	1076	353	0.111033	0.100432	0	14.3	1367
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53055	261	282	1632	1057	336	0.1503	0.1394	0.0000	14.8	1390
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53120	326	274.09	1546	1025	339	0.1203	0.1070	0.0000	14.7	1393
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53149	355	252.81	1528	1047	328	0.1307	0.1219	0.0000	14.8	1327
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53200	406	275	1675	1089	352	0.1522	0.1425	0.0000	14.8	1495
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53250	456	219	1359	1131	324	0.1731	0.1669	0.0000	15.1	1300
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53293	499	246	1733	1112	316	0.1813	0.1736	0.0000	15.2	1481

Nota. Se realizó la de 8 muestras toma como parámetro de control en el segundo ciclo después de la migración para saber la salud del lubricante durante la prueba. Desde las 52896 a 53293 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mm²/s = cSt, Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 13

Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético tercer ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Boro	Calcio	Fósforo	Magnesio	Nitración A/0.1mm	Oxidación A/0.1 mm	Sulfatación Abs/0.1Mm	Viscosidad 100°C cSt	Zinc
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53345	52	236	1181	1024	287	0.0408	0.0252	0.0000	14.1	1278
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53403	110	249	1297	1009	317	0.0665	0.0471	0.0000	14.2	1387
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53440	147	251	1305	1178	356	0.0847	0.0677	0.0000	14.3	1376
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53487	194	240	1343	1218	357	0.0876	0.0737	0.0000	14.3	1329
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53565	272	270	1529	1004	314	0.1302	0.1196	0.0000	14.7	1409
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53594	301	234	1387	967	329	0.1362	0.1276	0.0000	14.7	1226
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53670	377	282	1526	1029	351	0.1541	0.1487	0.0000	14.9	1502
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53729	436	217	1337	1166	344	0.1710	0.1490	0.0000	14.9	1185
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53820	527	281	1876	1051	328	0.1527	0.1444	0.0000	15.1	1558

Nota. Se realizó la de 9 muestras toma como parámetro de control en el tercer ciclo después de la migración para saber la salud del lubricante durante la prueba. Desde las 53345 a 53820 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mm²/s = cSt, Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 14

Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético cuarto ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Boro	Calcio	Fósforo	Magnesio	Nitración A/0.1mm	Oxidación A/0.1 mm	Sulfatación Abs/0.1Mm	Viscosidad 100°C cSt	Zinc
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53863	43	323	1492	1311	340	0.0347	0.0180	0.0000	14.3	1835
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53905	85	176	1064	1265	316	0.0588	0.0457	0.0000	14.2	1301
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53967	147	250	1402	1427	358	0.0934	0.0845	0.0000	14.3	1519
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54067	247	289	1680	1123	319	0.1093	0.1416	0.0000	14.6	1542
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54139	319	256	1582	1413	385	0.1263	0.1141	0.0000	14.8	1648
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54200	380	286	1773	1146	350	0.1468	0.1394	0.0000	15.0	1604
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54241	421	269	1817	1403	379	0.1711	0.1646	0.0000	15.2	1566
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54290	470	269	1883	1023	355	0.1745	0.1662	0.0000	15.2	1573
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54320	500	205	1719	1062	322	0.1698	0.1929	0.0000	15.6	1355
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54370	550	263	2242	1258	357	0.1904	0.2083	0.0000	15.8	1733
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54406	586	217	1890	1083	324	0.1733	0.1643	0.0000	16.0	1558
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54413	593	217	2023	1022	296	0.1839	0.2172	0.0000	16.0	1742

Nota. Se realizó la de 12 muestras toma como parámetro de control en el cuarto ciclo después de la migración para saber la salud del lubricante durante la prueba. Desde las 53863 a 54413 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mm²/s = cSt, Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 15

Resultados del análisis – Salud del lubricante sintético quinto ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Boro	Calcio	Fósforo	Magnesio	Nitración A/0.1mm	Oxidación A/0.1 mm	Sulfatación Abs01Mm	Viscosidad 100°C cSt	Zinc
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54524	111	355	2020	1069	301	0.0805	0.1283	0.0000	16.2	1637
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54627	214	248	1484	1256	333	0.1042	0.1452	0.0000	15.0	1473
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54699	286	305	1828	1144	344	0.1192	0.1066	0.0000	15.1	1524
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54772	359	243	1662	1116	335	0.1660	0.1620	0.0000	15.1	1361
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54804	391	274	1706	1287	356	0.1259	0.1177	0.0000	15.1	1420
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54825	412	324	2102	1146	333	0.1342	0.1224	0.0000	15.3	1736
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54834	421	227	1538	1267	369	0.1409	0.1304	0.0000	15.5	1356
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54846	433	312	2116	1153	369	0.1448	0.1321	0.0000	15.5	1727
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54887	474	326	2168	1212	352	0.1419	0.1298	0.0000	15.5	1741

Nota. Se realizó la de 9 muestras toma como parámetro de control en el quinto ciclo después de la migración para saber la salud del lubricante durante la prueba. Desde las 54524 a 54887 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mm²/s = cSt, Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 16

Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético primer ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Combustible	HollinAbs01Mm	IndicadorDeRefrigerante	Potasio	Silicio	Sodio
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52275	43	0.00	0.19	0	0.73	3.73	2.28
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52372	97	0.00	0.36	0	0.31	4.00	2.75
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52403	128	0.00	0.45	0	0.35	3.91	2.61
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52509	234	0.00	0.72	0	0.39	3.72	2.73
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52568	293	0.00	0.73	0	0.39	3.33	2.84
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52641	366	0.10	0.90	0	0.43	3.62	2.91
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52674	400	0.20	1.06	0	0.49	3.72	2.66
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52727	453	0.30	1.37	0	0.49	3.92	2.93
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52777	502	0.30	1.45	0	0.44	3.39	2.67
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52794	519	0.30	1.53	0	0.47	6.34	2.98

Nota. Se realizó la de 10 muestras toma como parámetro de control en el primer ciclo después de la migración para saber la contaminación del lubricante durante la prueba. Desde las 52275 a 52794 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 17

Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético segundo ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Combustible	HollinAbs0.1mm	IndicadorDeRefrigerante	Potasio	Silicio	Sodio
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52896	102	0.00	0.50	0	0.48	3.61	2.94
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52983	189	0.00	0.76	0	0.46	3.50	2.29
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53055	261	0.00	1.02	0	0.53	3.85	3.02
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53120	326	0.00	0.85	0	0.47	3.4	2.64
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53149	355	0.00	0.93	0	0.56	3.54	2.83
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53200	406	0.00	1.09	0	0.57	3.36	2.74
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53250	456	0.00	1.26	0	0.54	3.49	2.57
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53293	499	0.00	1.40	0	0.56	3.67	3.28

Nota. Se realizó la de 8 muestras toma como parámetro de control en el segundo ciclo después de la migración para saber la contaminación del lubricante durante la prueba. Desde las 52896 a 53293 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm.

Tabla 18

Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético tercer ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Combustible	HollinAbs0.1mm	IndicadorDeRefrigerante	Potasio	Silicio	Sodio
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53345	52	0.00	0.31	0	0.78	4.56	2.63
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53403	110	0.00	0.54	0	0.44	2.99	2.28
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53440	147	0.00	0.63	0	0.43	2.86	2.29
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53487	194	0.00	0.65	0	0.49	3.01	2.60
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53565	272	0.00	0.90	0	0.42	3.32	2.70
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53594	301	0.00	0.91	0	0.41	3.17	2.43
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53670	377	0.00	0.97	0	0.48	3.60	2.65
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53729	436	0.00	1.04	0	0.96	3.35	3.25
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53820	527	0.00	1.11	0	0.56	3.75	3.45

Nota. Se realizó la de 9 muestras toma como parámetro de control en el tercer ciclo después de la migración para saber la contaminación del lubricante durante la prueba. Desde las 53345 a 53820 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm.

Tabla 19

Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético cuarto ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Combustible	HollinAbs0 1Mm	IndicadorDeRefrigerante	Potasio	Silicio	Sodio
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53863	43	0.00	0.23	0	0.60	5.00	2.77
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53905	85	0.00	0.39	0	0.66	3.06	1.82
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53967	147	0.00	0.60	0	1.00	3.66	2.52
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54067	247	0.00	0.66	0	0.51	5.76	2.88
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54139	319	0.00	0.81	0	0.62	3.85	2.31
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54200	380	0.00	1.02	0	0.49	3.94	2.97
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54241	421	0.00	1.21	0	0.50	3.99	3.01
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54290	470	0.00	1.32	0	0.65	9.87	3.06
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54320	500	0.00	1.29	0	0.51	5.22	2.80
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54370	550	0.00	1.46	0	0.44	5.44	3.65
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54406	586	0.00	1.48	0	0.52	4.08	2.94
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54413	593	0.00	1.52	0	0.59	5.63	3.46

Nota. Se realizó la de 12 muestras toma como parámetro de control en el cuarto ciclo después de la migración para saber la contaminación del lubricante durante la prueba. Desde las 53863 a 54413 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 20

Resultados del análisis – Contaminación del lubricante sintético quinto ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Combustible	HollinAbs0 1Mm	IndicadorDeRefrigerante	Potasio	Silicio	Sodio
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54524	111	0.00	0.51	0	0.75	4.20	3.49
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54627	214	0.00	0.69	0	0.71	2.37	2.04
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54699	286	0.00	0.84	0	0.43	3.03	2.43
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54772	359	0.00	1.07	0	0.60	3.57	2.55
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54804	391	0.00	0.84	0	0.48	3.39	2.46
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54825	412	0.00	0.91	0	0.63	3.64	3.02
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54834	421	0.00	0.96	0	0.56	3.08	2.15
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54846	433	0.00	0.99	0	0.43	3.62	3.03
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54887	474	0.00	1.00	0	0.43	3.40	3.19

Nota. Se realizó la de 9 muestras toma como parámetro de control en el quinto ciclo después de la migración para saber la contaminación del lubricante durante la prueba. Desde las 54524 a 54887 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas Abs/0.1mm y mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 21*Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético primer ciclo.*

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Aluminio	Cobre	Cromo	Estaño	Hierro	Índice PQ	Níquel	Plomo
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52275	43	1.33	0.19	0	1.76	4.54	4	0.25	1.15
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52372	97	1.56	0.25	0.06	1.56	3.8	7	0.12	0.20
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52403	128	1.58	0.31	0.06	1.02	5.0	8	0.16	0.15
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52509	234	1.98	0.68	0.13	1.37	10.2	9	0.20	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52568	293	1.86	0.69	0.26	1.45	9.7	9	0.02	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52641	366	2.06	1.10	0.34	1.90	14.2	8	0.10	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52674	400	1.79	1.03	0.22	1.17	13.9	7	0.17	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52727	453	2.05	1.47	0.38	1.87	17.2	6	0.13	0.48
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52777	502	1.74	1.38	0.39	0.58	17.6	7	0.23	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52794	519	2.02	1.66	0.49	1.80	19.5	6	0.18	0.18

Nota. Se realizó la de 10 muestras toma como parámetro de control en el primer ciclo después de la migración para saber el desgaste del lubricante durante la prueba. Desde las 52275 a 52794 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 22*Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético segundo ciclo.*

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Aluminio	Cobre	Cromo	Estaño	Hierro	Índice PQ	Níquel	Plomo
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52896	102	1.75	0.39	0.14	1.35	6.9	7	0.13	0.05
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	52983	189	1.69	0.53	0.11	1.39	10.3	8	0.19	0.56
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53055	261	2.02	0.87	0.34	1.41	14.1	7	0.00	0.59
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53120	326	1.88	0.82	0.26	2.13	13.3	5	0.03	0.62
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53149	355	1.95	0.81	0.31	1.37	13.0	5	0.08	0.6
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53200	406	1.73	1.06	0.22	1.23	15.0	4	0.38	0.22
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53250	456	1.57	1.08	0.32	1.44	14.6	4	0.41	0.96
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53293	499	2.00	1.39	0.50	1.29	16.7	4	0.31	0.00

Nota. Se realizó la de 8 muestras toma como parámetro de control en el segundo ciclo después de la migración para saber el desgaste del lubricante durante la prueba. Desde las 52896 a 53293 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 23*Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético tercer ciclo.*

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Aluminio	Cobre	Cromo	Estaño	Hierro	Índice PQ	NiNiquel	Plomo
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53345	52	1.39	0.24	0.04	1.84	4.3	4	0.40	0.57
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53403	110	1.35	0.32	0.07	1.44	6.4	7	0.23	0.59
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53440	147	1.34	0.40	0.07	0.67	7.9	6	0.26	0.16
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53487	194	1.22	0.41	0.02	0.00	8.0	5	0.27	0.08
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53565	272	1.73	0.66	0.28	1.35	11.5	9	0.17	0.42
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53594	301	1.88	0.71	0.22	1.98	12.1	9	0.04	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53670	377	1.71	0.97	0.23	1.90	14.5	4	0.28	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53729	436	1.72	0.89	0.27	0.69	13.3	5	0.13	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53820	527	1.88	1.08	0.30	1.08	14.8	3	0.31	0.43

Nota. Se realizó la de 9 muestras toma como parámetro de control en el tercer ciclo después de la migración para saber el desgaste del lubricante durante la prueba. Desde las 53345 a 53820 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 24*Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético cuarto ciclo.*

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Aluminio	Cobre	Cromo	Estaño	Hierro	Índice PQ	NiNiquel	Plomo
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53863	43	0.98	0.15	0.00	0.00	3.4	3	0.62	1.47
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53905	85	0.58	0.15	0.00	0.00	3.2	6	0.83	1.50
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	53967	147	1.03	0.32	0.00	0.00	6.6	5	0.85	0.85
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54067	247	1.57	0.55	0.13	0.40	9.4	7	0.41	0.75
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54139	319	0.96	0.59	0.04	0.00	10.2	5	0.56	0.86
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54200	380	1.84	0.91	0.27	0.70	13.5	6	0.21	0.26
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54241	421	1.66	1.13	0.29	0.00	14.8	6	0.35	0.11
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54290	470	2.48	1.38	0.32	1.56	17.7	6	0.30	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54320	500	1.97	1.18	0.29	0.88	15.0	5	0.34	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54370	550	1.78	1.54	0.45	0.52	17.9	4	0.27	0.24
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54406	586	1.71	1.35	0.39	1.04	16.1	5	0.40	0.44
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54413	593	1.58	1.36	0.35	0.63	14.8	6	0.40	0.65

Nota. Se realizó la de 12 muestras toma como parámetro de control en el cuarto ciclo después de la migración para saber el desgaste del lubricante durante la prueba. Desde las 53863 a 54413 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

Tabla 25

Resultados del análisis – Desgaste del lubricante sintético quinto ciclo.

Descripción Equipo	Código Interno	Componente	Lubricante en Uso	Fabricante	Modelo	Horas de Equipo	Horas de aceite	Aluminio	Cobre	Cromo	Estaño	Hierro	Índice PQ	Níquel	Plomo
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54524	111	1.91	0.62	0.47	0.00	6.4	6	0.71	0.57
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54627	214	1.04	0.50	0.03	0.00	7.4	5	0.99	0.97
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54699	286	1.76	0.79	0.16	0.39	11.2	3	0.47	0.57
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54772	359	2.01	1.01	0.29	0.80	13.6	5	0.38	0.25
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54804	391	1.72	0.84	0.20	0.00	12.0	5	0.24	0.15
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54825	412	1.88	0.96	0.22	1.04	13.3	5	0.62	1.47
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54834	421	1.69	0.88	0.11	0.29	13.2	5	0.63	0.26
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54846	433	1.98	1.09	0.24	0.54	15.0	4	0.36	0.00
CAMIONES	TR-020	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	HITACHI	EH4000AC-3	54887	474	1.86	1.09	0.32	0.23	14.3	7	0.24	0.26

Nota. Se realizó la de 9 muestras toma como parámetro de control en el quinto ciclo después de la migración para saber el desgaste del lubricante durante la prueba. Desde las 54524 a 54887 horas del equipo. Equivalencias de las unidades expresadas mg/Kg = ppm. (Tapia, 2023).

1.2.1. Gráfica de seguimiento e interpretación

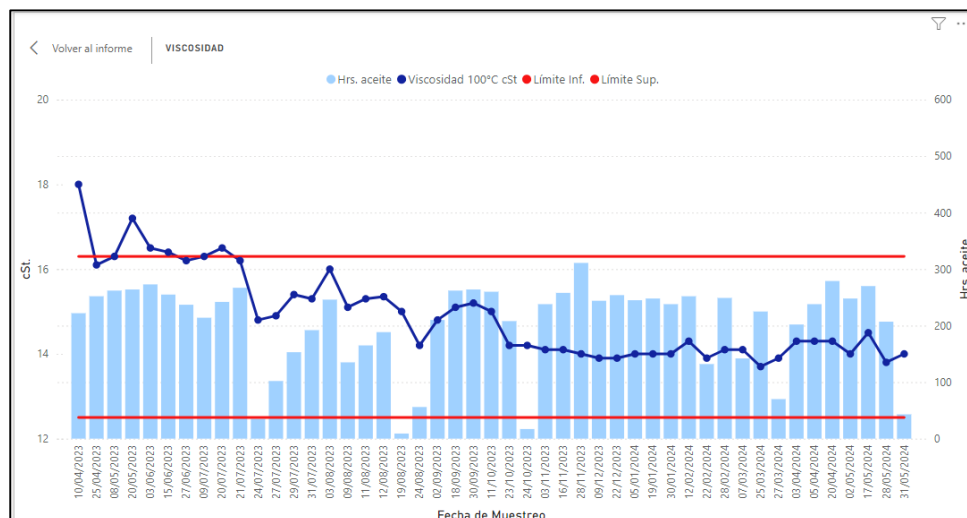
Los resultados obtenidos del análisis de lubricantes se analizan en gráficos que nos permiten conocer la salud, la contaminación y el desgaste para observar el comportamiento de las tendencias en los resultados y realizar una toma de decisiones con respecto al comportamiento del aceite estudiado. (Tapia, 2023)

1.2.1.1. Salud

1.2.1.1.1. Viscosidad. Se empezó con el análisis de las muestras del aceite anterior, en este caso, el aceite antiguo (Móvil Delvac MX 15W-40) con 250 horas de trabajo, presenciando una variación de la viscosidad inestable durante el 2023 nivel ligeramente elevado (16.5 Stc. respectivamente), y luego se mantiene estable durante el 2024 sin alcanzar límites superiores o inferiores. (Apaza, 2022)

Figura 26

Tendencia de viscosidad con el aceite Móvil Delvac MX 15W-40

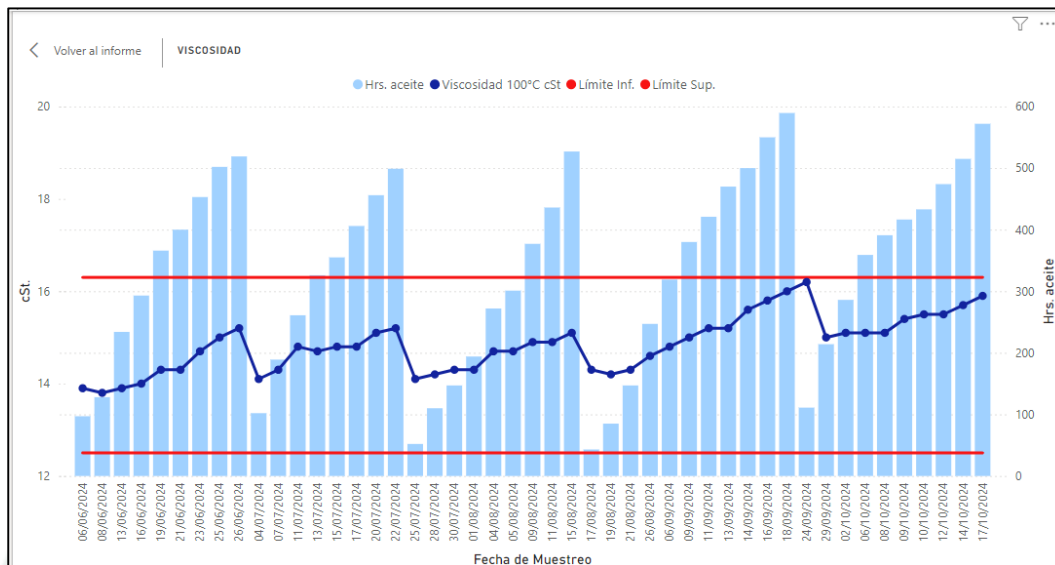


Nota. información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Luego, se procedió con la migración al aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40, realizando el muestreo tal como indicaba el plan (cada 100 horas), observando en los resultados obtenidos que los niveles se encuentran normales, en las primeras muestras presentan una tendencia de aumento progresivo de la viscosidad, pero sin una variación drástica; en lo que va aumentando el número de horas de operación la viscosidad se normaliza. hasta las 589 horas no se superan los límites permisibles, solo el 24/09 a las 100 horas después de su PM se ve una elevación anormal en la viscosidad después del cambio de aceite nuevo, Pudiendo sospechar un error de laboratorio o de muestreo porque en la siguiente muestra se normaliza la viscosidad manteniéndose estable hasta culminar la prueba. (Apaza, 2022)

Figura 27

Tendencia de viscosidad con el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40

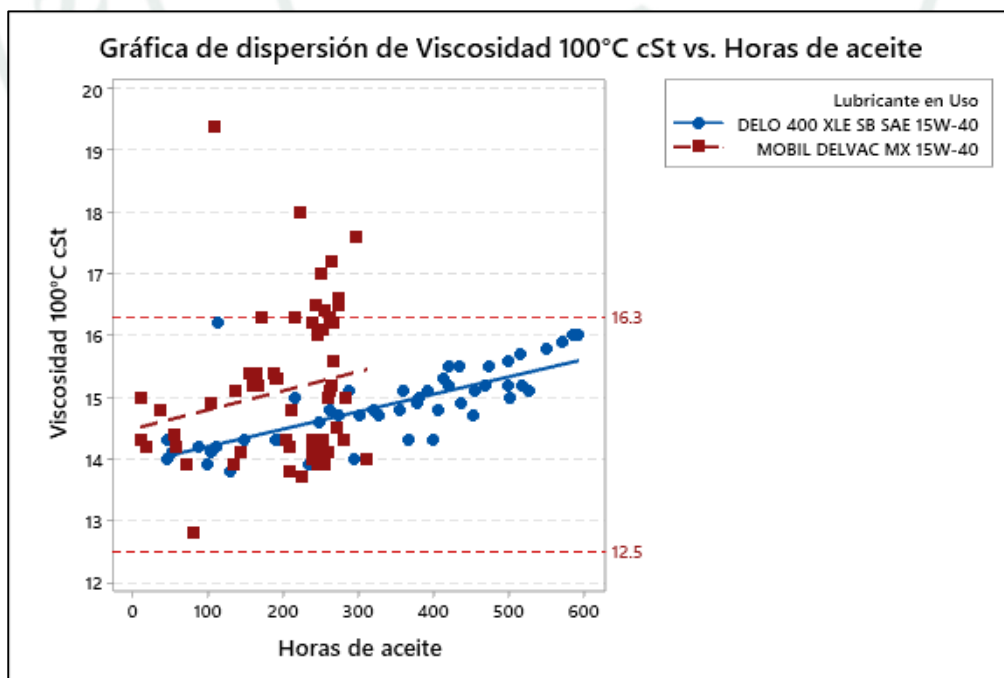


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

En el gráfico de dispersión recopilado de los resultados de laboratorio se puede observar como el aceite en prueba se mantiene estable incluso duplicando las horas de trabajo del aceite anterior en uso.

Figura 28

Comparación de dispersión de viscosidad

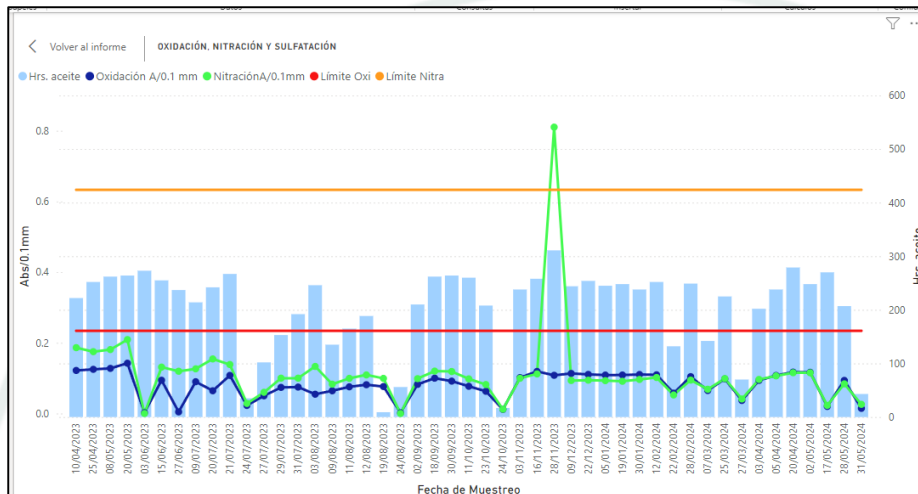


Nota. información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.1.2. Oxidación y nitración. Visualizando la tendencia de la oxidación y la nitración antes de la prueba se observa valores estables, entre las 250 horas y 300 horas no se supera los límites establecidos.

Figura 29

Tendencia de valores de oxidación y nitración Móvil Delvac MX 15W-40

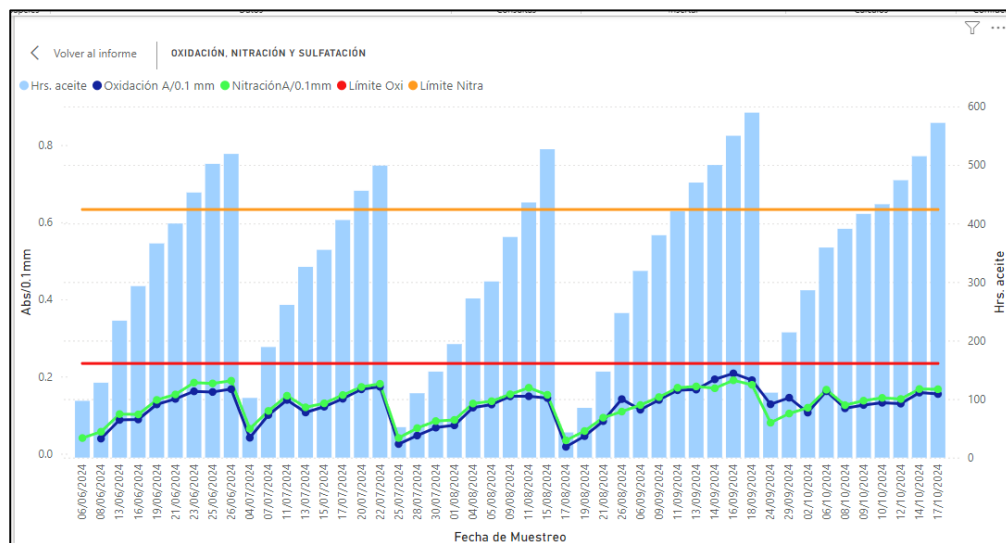


Nota: Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Luego de la migración al aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40, realizando el muestreo tal como indicaba el plan (cada 100 horas), observando en los resultados obtenidos que los niveles se encuentran normales, durante todas las muestras presentan una tendencia de aumento progresivo de la oxidación y nitración con respecto a las horas del aceite, pero sin una variación drástica; en lo que va aumentando el número de horas de operación la viscosidad se normaliza. hasta las 589 horas no se superan los límites permisibles, manteniéndose estable hasta culminar la prueba. (Apaza, 2022)

Figura 30

Tendencia de valores de oxidación y nitración aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40

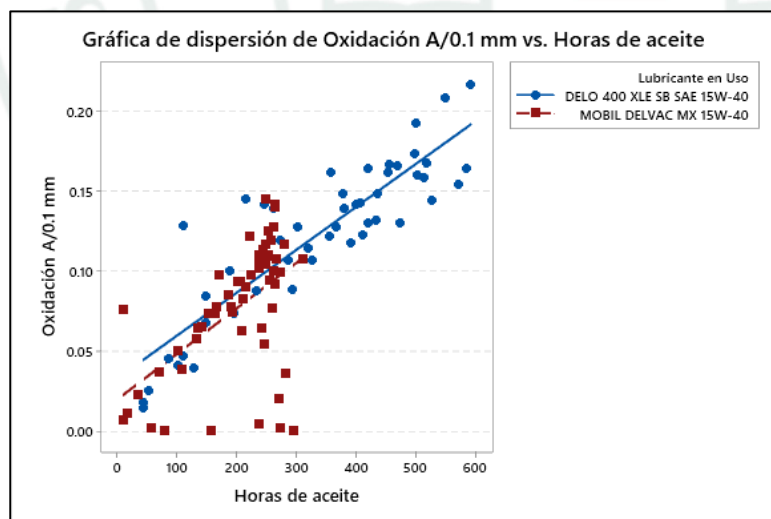


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

En la gráfica de dispersión vemos la relación entre el aceite en uso y el de prueba observando un incremento de la oxidación con relación a las horas del aceite, pero sin superar el límite permisible establecido por la unidad minera.

Figura 31

Comparación de dispersión de la oxidación



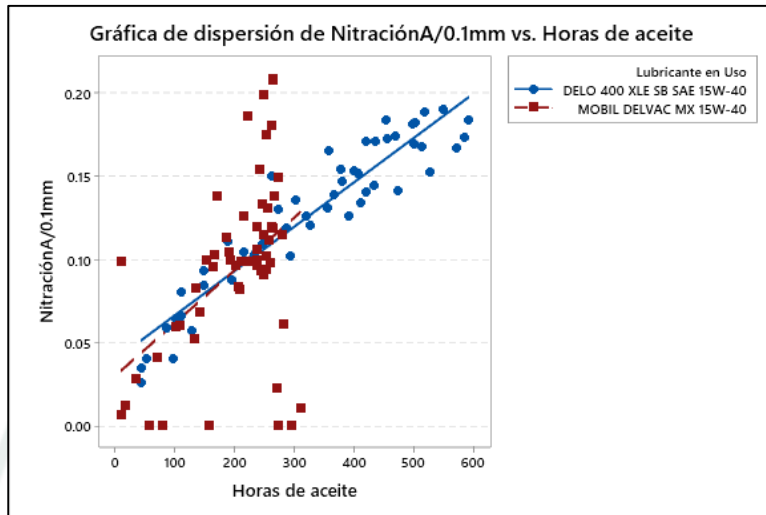
Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

En la gráfica de dispersión vemos la relación entre el aceite en uso y el de prueba observando que la nitración sufre un incremento progresivo con respecto a las horas del aceite

incluso duplicando las horas del anterior producto se mantiene estable, sin superar el límite permisible establecido por la unidad minera.

Figura 32

Comparación de dispersión de la nitración

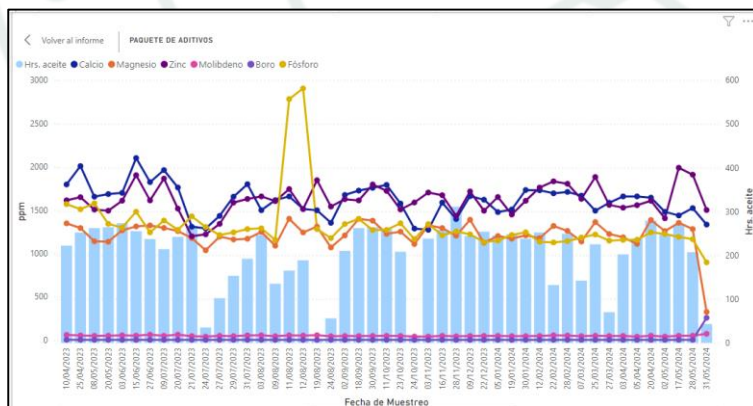


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.1.3. Aditivos. Se observa que el paquete de aditivos presente en el aceite móvil se mantienen estables hasta las 300 horas, con presencia de Zing, Calcio, Magnesio y fósforo.

Figura 33

Paquete de aditivos de aceite Mobil Delvac MX 15W-40

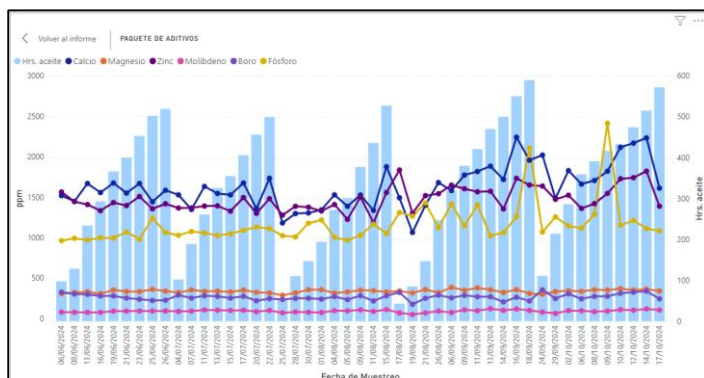


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Se observa que el paquete de aditivos presente en el aceite Chevron se mantienen estables hasta las 589 horas, con presencia de Zing, Calcio y fósforo. Disminución de porcentaje en magnesio, pero incremento en boro y molibdeno, al ser un aceite sintético sus propiedades siguen estables.

Figura 34

Paquete de aditivos de aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40



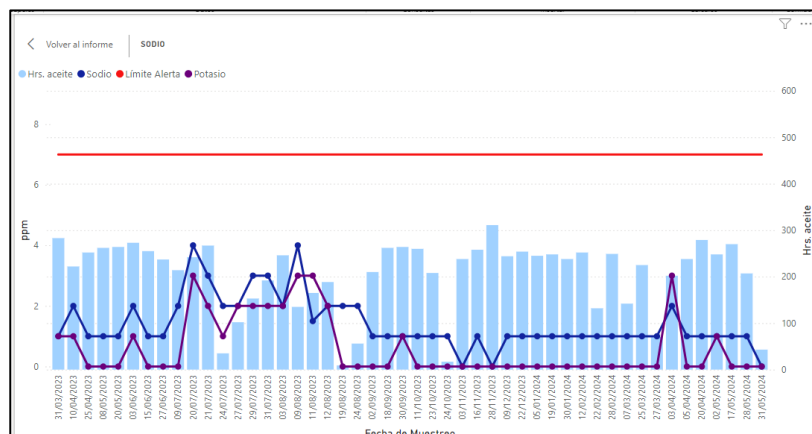
Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.2. Contaminación

1.2.2.1. Sodio. Con los aditivos se busca un mejor control de contaminantes, muchas veces los resultados se elevan por fallas en el equipo o falta de controles de limpieza como en el caso del sodio, se puede visualizar que el aceite Móvil Delvac MX 15W-40 mantiene estable los contaminantes mientras no haya presencia de fallas, viendo una tendencia estable en condiciones normales de trabajo. (Apaza, 2022)

Figura 35

Tendencia de presencia de Sodio y Potasio en el aceite Móvil Delvac MX 15W-40

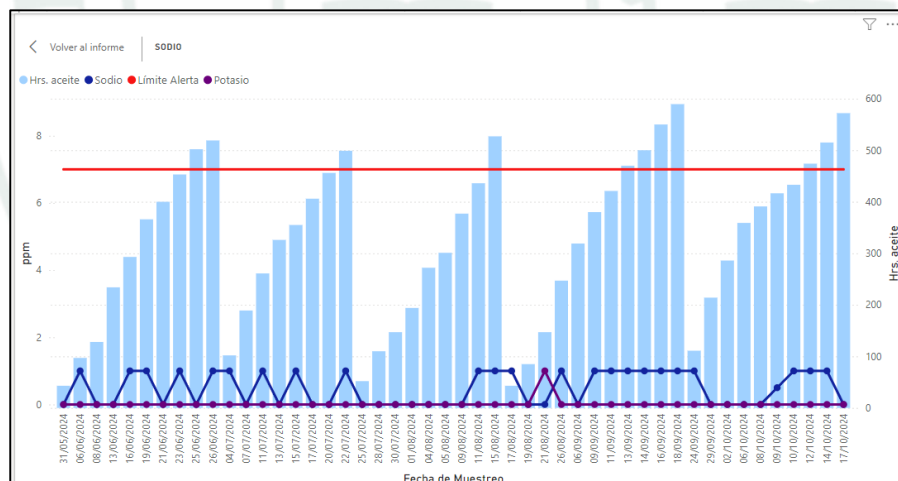


Nota. información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

El paquete de aditivos de aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40, le permite un mejor control de contaminantes en condiciones normales de trabajo, permaneciendo estables hasta las 589 horas de trabajo como se observa en la figura 36.

Figura 36

Tendencia de presencia de Sodio y Potasio en Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40

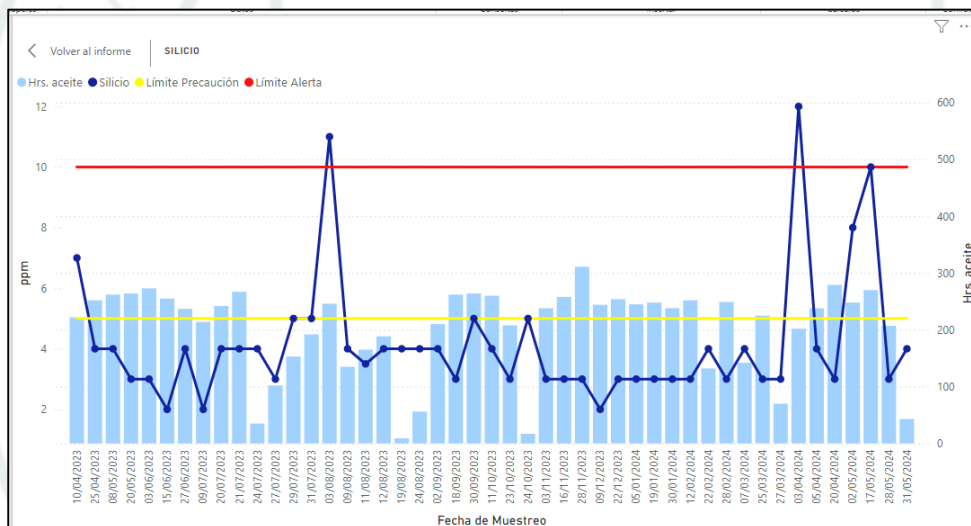


Nota. información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.2.2. Silicio. En las figuras 37 y 38 se analiza el comportamiento del elemento silicio, cuya presencia, en la mayoría de los casos, se asocia con la introducción de contaminantes en el sistema. El uso de un lubricante sintético permitió mantener los niveles de contaminación en valores reducidos en comparación con el lubricante mineral, gracias a una mejor eficiencia en el sellado de las juntas y en la hermeticidad del sistema. Asimismo, se evitó la apertura de los compartimientos para realizar rellenos o cambios de lubricante, lo cual se atribuye al superior desempeño del lubricante sintético. En contraste, el lubricante Móvil Delvac MX 15W-40 alcanzó e incluso superó el umbral de 10 ppm, lo que indica la presencia de partículas abrasivas circulando en los componentes, con el consecuente riesgo de un desgaste prematuro de las piezas internas. (Tapia, 2023)

Figura 37

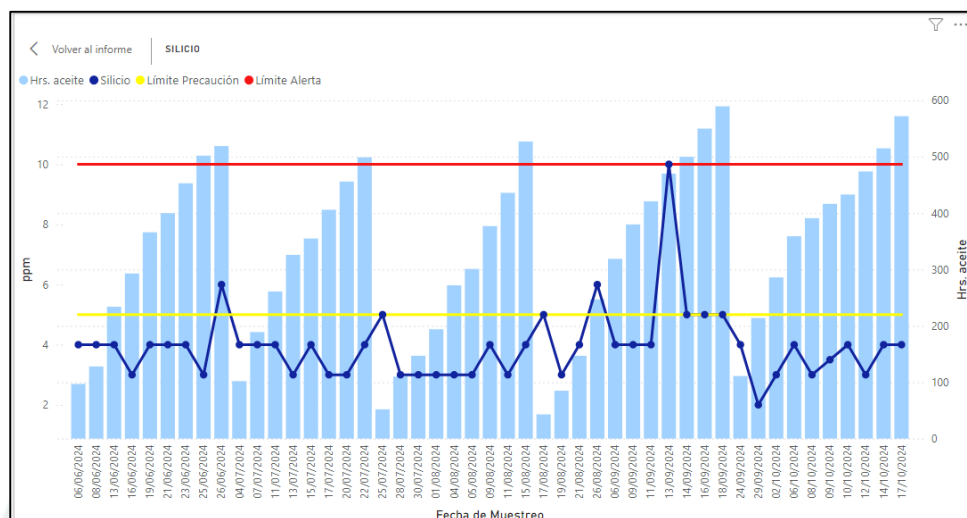
Comportamiento del elemento silicio en la muestra de aceite Móvil Delvac MX 15W-400



Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Figura 38

Comportamiento del elemento silicio en la muestra de aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40

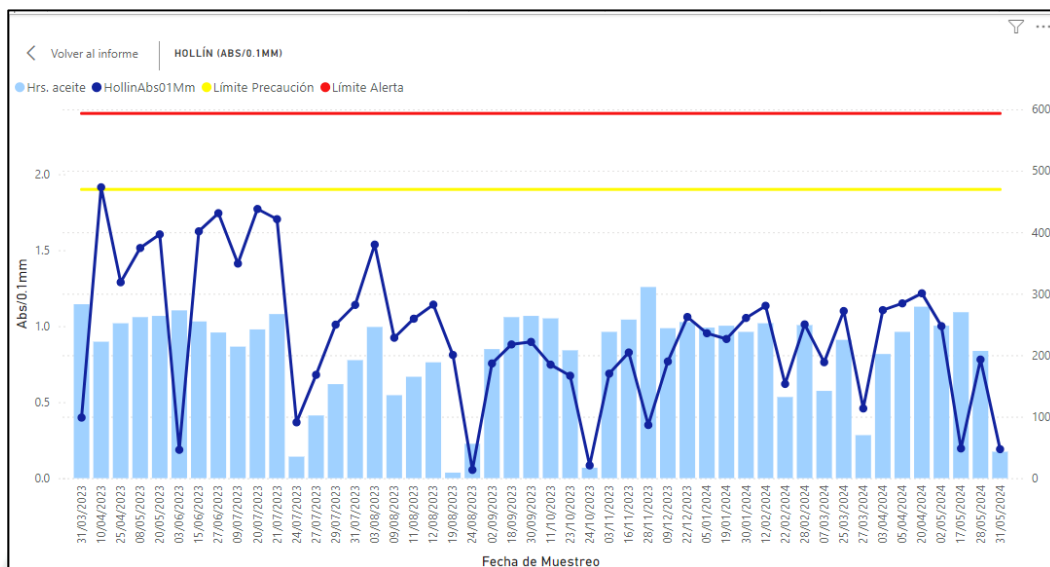


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.2.3. Hollín. La presencia de hollín es normal y esperada para un determinado número horas de uso del motor; si la concentración y el estado del hollín son anormales, es síntoma de que hay algún problema con el motor y/o es necesario un cambio de aceite, los aditivos ayudan a un mayor sellado en el interior de la cámara de combustión, en las figuras 39 y 40 podemos observar que ambos aceites tienen un control sobre el hollín sin exceder los límites de alerta, con el aceite a prueba el incremento de hollín es directamente proporcional a las horas del aceite de motor, logrando un control exitoso hasta las 589 horas de trabajo y así disminuyendo el desgaste de componentes del motor. (Tapia, 2023)

Figura 39

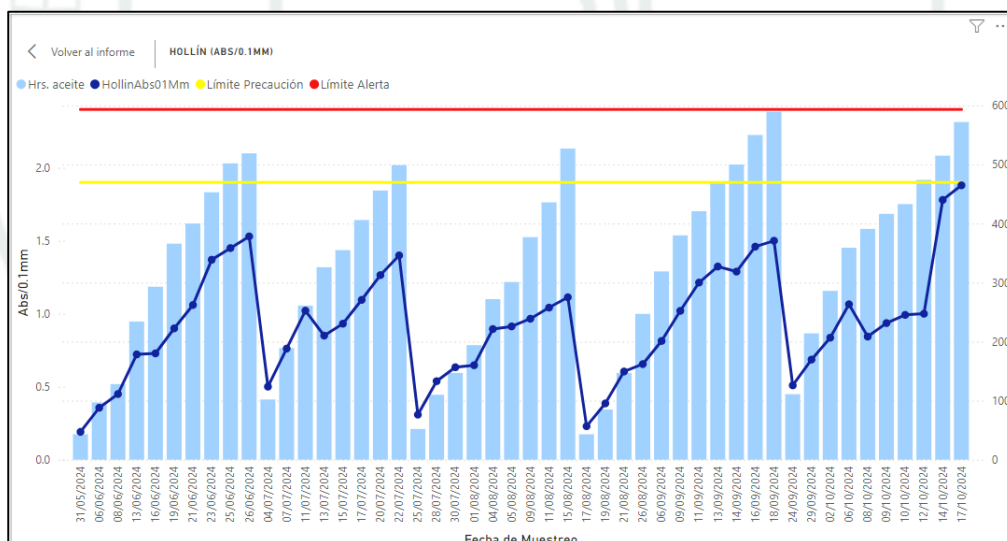
Tendencia de presencia de hollín en el aceite Móvil Delvac MX 15W-40



Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Figura 40

Tendencia de presencia de hollín en el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40



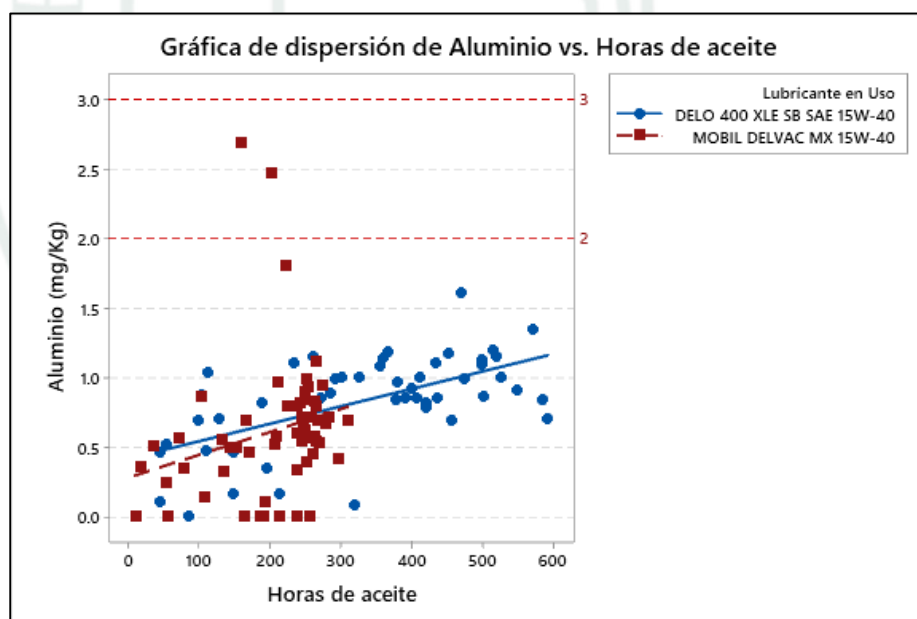
Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.3. Desgaste

1.2.3.1. Aluminio. Las partículas de aluminio asociadas al desgaste, una vez descontada la contribución externa proveniente del ingreso de tierra, tienen su origen principalmente en cojinetes, bujes diversos, pistones (especialmente en la zona de las faldas), arandelas de empuje y el turbocompresor. Por lo general, tanto los cojinetes como los bujes operan bajo un régimen de lubricación hidrodinámica completa. Solo en casos donde esta lubricación se ve comprometida o el aceite se contamina, se produce contacto entre las superficies metálicas, generando desgaste por adhesión. En la figura 41, correspondiente a la gráfica de dispersión, se observan niveles bajos y estables de aluminio (expresados en ppm) tanto con el lubricante en uso como con el lubricante en evaluación, alcanzando un máximo de 2 ppm tras 589 horas de operación. Si se relaciona este dato con la tabla de presencia de silicio presentada anteriormente, se puede inferir que estos valores están más relacionados con la contaminación externa que con un desgaste significativo de los componentes internos. (Tapia, 2023)

Figura 41

Comparación de dispersión de Aluminio

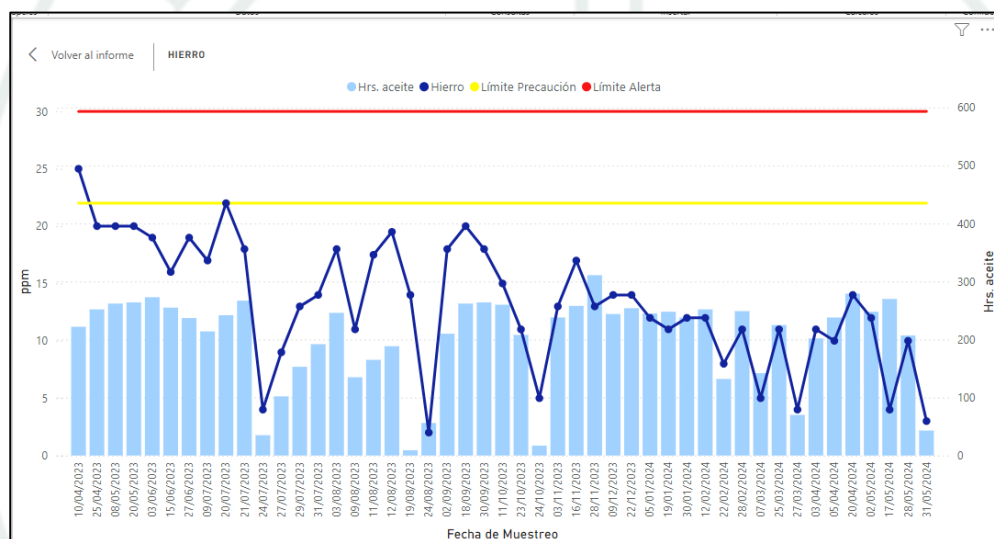


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.3.2. Hierro. El análisis de hierro en muestras de aceite de motor es un indicador de desgaste del equipo y puede ayudar a evitar daños y tiempos de inactividad en el motor, con el uso del aceite Móvil Delvac MX 15W-40 como se muestra en la figura 42 se observa niveles altos de hierro a 250 horas que luego vas estabilizándose a las sin superar los límites de precaución, durante la prueba con el lubricante Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40 como se observa en la figura 43, se observa una tendencia estable con respecto de las horas del aceite de motor, incrementándose hasta un máximo de 18 ppm teniendo en cuenta los límites de precaución 22 ppm y alerta 30 ppm, no logrando superar estos límites hasta las 589 horas. (Tapia, 2023)

Figura 42

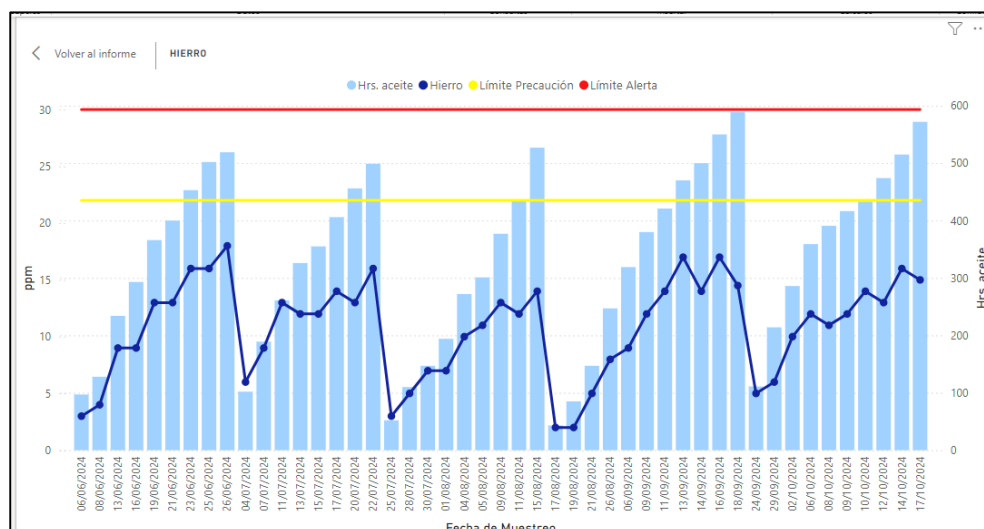
Tendencia de presencia de hierro en el aceite Móvil Delvac MX 15W-40



Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Figura 43

Tendencia de presencia de hierro en el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40

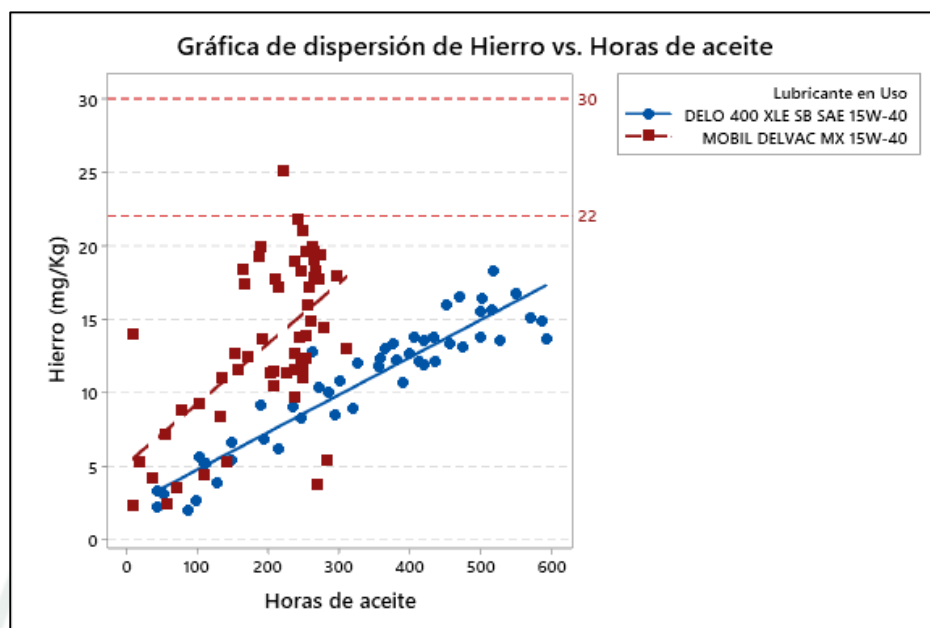


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Evaluando la gráfica de dispersión (figura 44) podemos observar la comparación de la cantidad de hierro en el aceite móvil y el chevron a prueba donde promediando las 250 horas del anterior lubricante las tasas de hierro superan el límite de alerta mientras que el nuevo aceite en prueba alcanzando las 589 horas de funcionamiento se mantiene estables las partículas de hierro con ello ponemos ver que el lubricante protege y disminuye el desgaste de los componentes internos del motor.

Figura 44

Comparación de dispersión de Hierro.

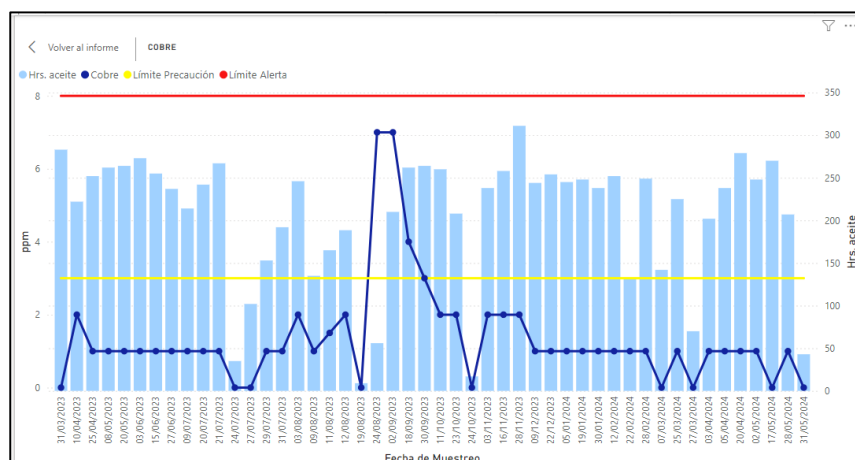


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.3.3. Cobre. El cobre suele originarse en componentes como los cojinetes, bujes, el enfriador de aceite, arandelas de empuje, guías de válvulas y bujes de bielas. Estos elementos, en su mayoría, están conformados por aleaciones de metales blandos en capas, diseñadas específicamente para absorber el impacto y el desgaste, protegiendo así al cigüeñal y a las bielas. La presencia de residuos de cobre en el sistema puede deberse tanto a procesos de desgaste como a fenómenos de corrosión. En la figura 45 se observa, durante el uso del lubricante Móvil Delvac MX 15W-40, un incremento significativo de cobre que alcanza picos de hasta 7 ppm a las 210 horas de operación, lo cual podría indicar una falla puntual en alguno de los componentes. Posterior a la intervención correctiva, los niveles se estabilizan, sugiriendo una normalización en el funcionamiento del sistema. (Tapia, 2023)

Figura 45

Tendencia de presencia de cobre en el aceite Móvil Delvac MX 15W-40

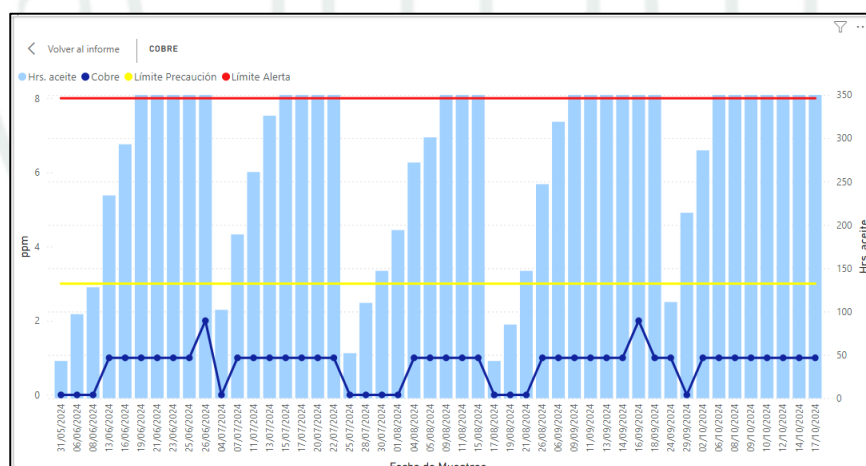


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Durante las pruebas con el lubricante Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40 los niveles de cobre son estables sin superar el límite de alerta establecida en 3ppm, logrando un máximo de 2 ppm a las 550 horas de trabajo, logrando una buena protección de los materiales de desgaste.

Figura 46

Tendencia de presencia de cobre en el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40



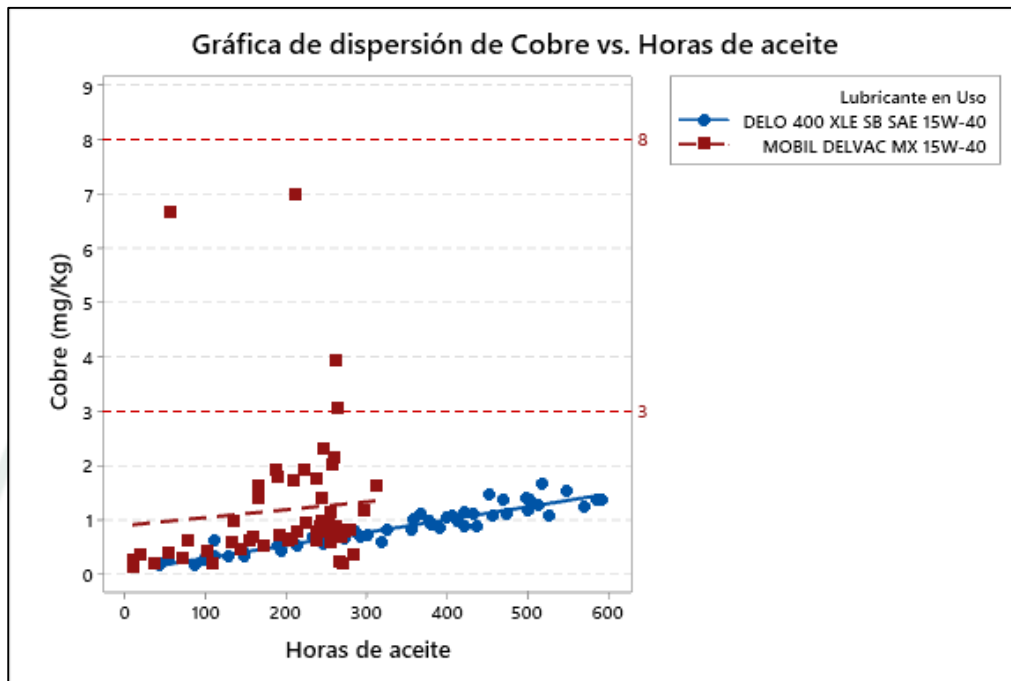
Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Evaluando la gráfica de dispersión (figura 47) podemos observar la comparación de la cantidad de partículas de cobre en el aceite móvil y el chevron a prueba donde promediando las 250 horas del anterior lubricante las tasas de cobre superan el límite de alerta mientras que el nuevo aceite en prueba alcanzando las 589 horas de funcionamiento se mantiene estables las

partículas de cobre con ello ponemos ver que el lubricante protege y disminuye el desgaste de los componentes internos del motor.

Figura 47

Comparación de dispersión de Cobre.

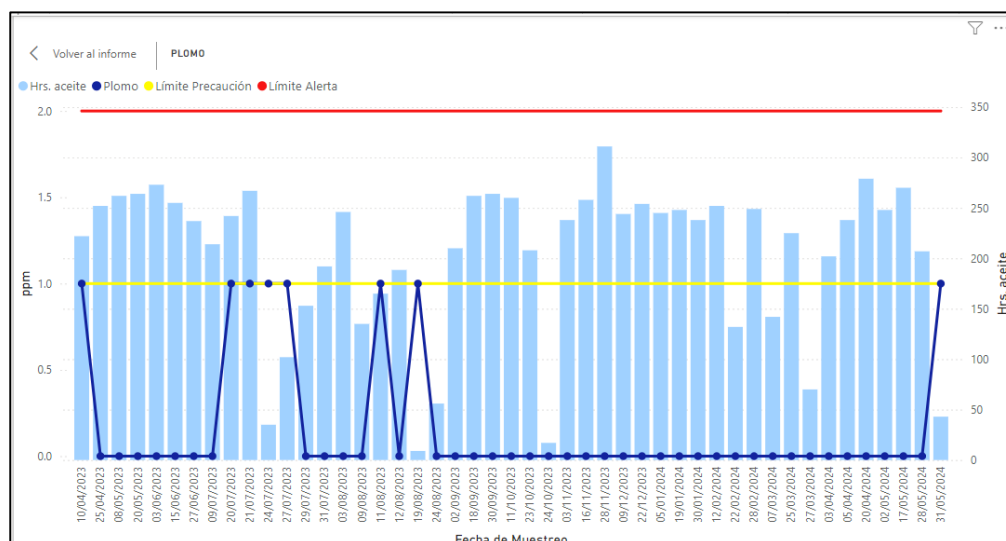


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.3.4. Plomo. El plomo viene de cojinetes, volandas de empuje, bujes de bielas. También puede tener presencia en la combustible, y pasar atreves de la cámara de combustión con la presencia de hollín. Con el aceite Móvil Delvac MX 15W-40 los niveles de plomo logran alcanzar los niveles de alerta establecidos en 1 ppm hasta las 250 horas de trabajos, sin embargo, manteniéndose entable durante el tiempo como se aprecia en la figura 48. (Tapia, 2023)

Figura 48

Tendencia de presencia de plomo en el aceite Móvil Delvac MX 15W-40

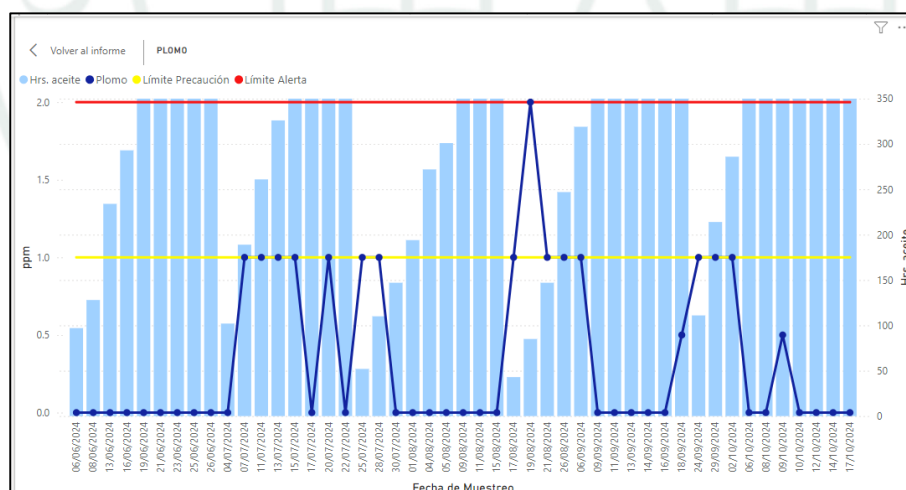


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Por otro lado, con el aceite en prueba Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40 los niveles de plomo en el lubricante se encuentran más inestables, logrando incluso alcanzar los 2 ppm nivel de alerta a las 85 horas de trabajo, luego disminuye a 0 ppm a las 380 horas.

Figura 49

Tendencia de presencia de plomo en el aceite Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40



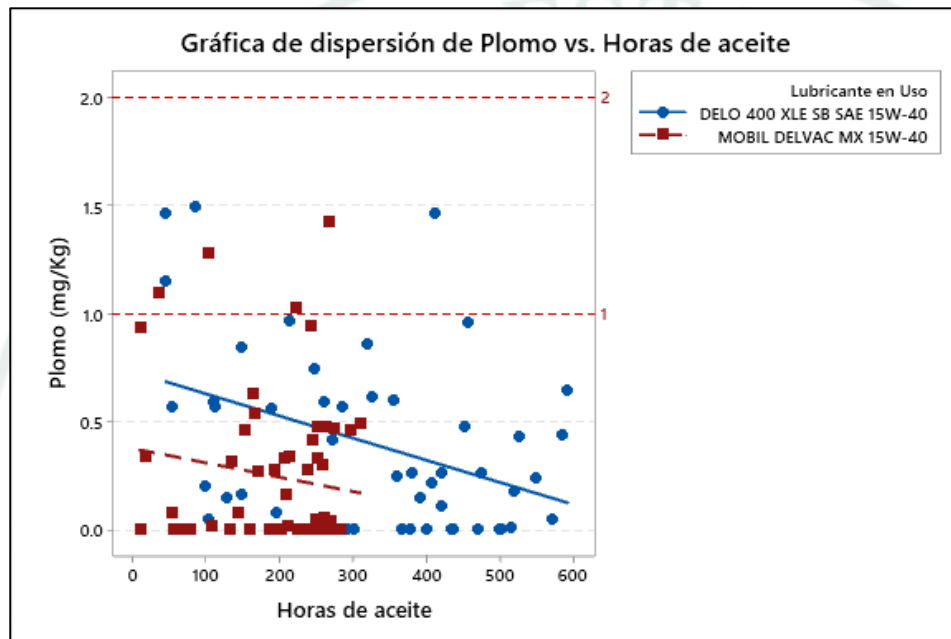
Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

Evaluando la gráfica de dispersión (figura 50) podemos observar la comparación de la cantidad de partículas de plomo en el aceite móvil y el chevron a prueba donde promediando las 250 horas del anterior lubricante las tasas de plomo superan el límite de alerta mientras que el nuevo aceite en prueba alcanzando a las primeras 380 horas de trabajo los límites de plomo

se incrementa pero por el paso de las horas hasta las 589 horas los niveles disminuyen, se ve una caída progresiva de las partículas de plomo con el pasar de las horas de trabajo. Los niveles de plomo con el lubricante Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40, se mantienen altos incluso con pocas horas de aceite, la tendencia es depresiva.

Figura 50

Comparación de dispersión de Plomo



Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.4. Disponibilidad

Figura 51

Calculo de disponibilidad

PRUEBA ACEITE CHEVRON									
Propuesta Beneficio por migración al lubricante Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40									
DISPONIBILIDAD		Beneficio Potencial			Anual		152 Hrs		
 Larga vida del lubricante: mayor intervalo entre PM de equipo menor tiempo de parada.									
EH4000AC-3	# cambios de aceite al periodo actual Mobil Delvac MX 15W-40, CK-4		# cambios de aceite al periodo propuesto Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40		# horas para cambio		# equipos		TOTAL
	[35]		[16]		[8]		[1]		152 Hrs
	-		-		-		-		
Notas / Consideraciones									
Notas de Seguridad									
EH4000AC-3									
# de Unidades camiones		1					Unidades		
Operación por día		24					Horas		
Operación por año		365					Dias		
#técnicos		4							
Operación total por año		8,760					Horas		
Intervalo de cambio con lubricante actual (Mobil Delvac MX 15W-40, CK-4)		250					Horas		
Intervalo de cambio propuesto (Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40)		550					Horas		
# de cambios de aceite con lubricante actual		35					Eventos/Equipo		
# de cambios de aceite con lubricante propuesto		16					Eventos/Equipo		
Tiempo promedio de PM 1		8					Horas		

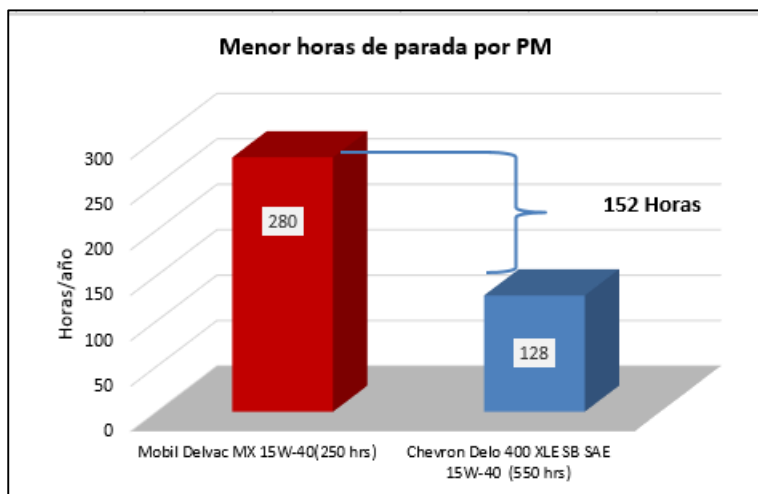
Nota. Información adaptada de los resultados de análisis del lubricante.

Teniendo un impacto positivo en la disponibilidad del equipo, se incrementa la productividad de la operación. A continuación, se describen los beneficios obtenidos por la mejora de la disponibilidad.

La extensión confiable del periodo de drenado del aceite de motor nos estaría generando aumento de la disponibilidad de equipo por optimización del intervalo de cambio, calculándose una disminución de 153 horas de parada por PM al año.

Figura 52

Horas de parada por PM.



Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.5. Costos de mantenimiento

Figura 53

Calculo de productividad

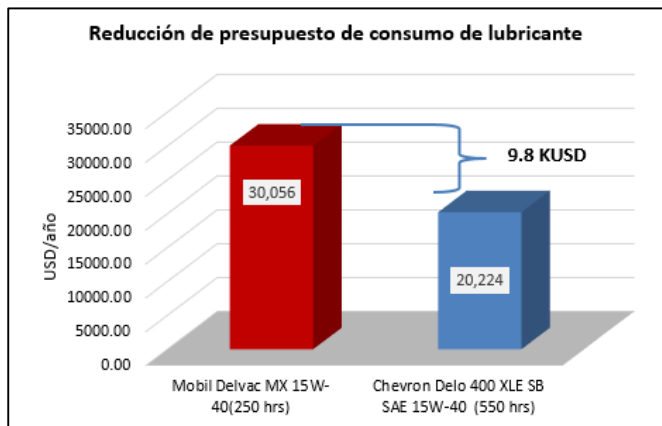
PRUEBA ACEITE CHEVRON						
Propuesta Beneficio por migración al lubricante Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40						
PRODUCTIVIDAD		Beneficio Potencial		Anual		391,011 USD
	REDUCCION DE GASTOS - Larga vida del lubricante: eficiencia en gastos de lubricante por optimización de intervalo de cambio					
EH-400AC-3	Facturación anual por lubricante Mobil Delvac MX 15W-40, CK-4	Facturación anual por lubricante Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40	# equipos		TOTAL	
	[30,056]	-	[20,224]	*	[1]	9,832 USD
	MEJORA DE INGRESOS - Costo disponibilidad de flota: aumento de disponibilidad de equipo por optimización de intervalo de cambio					
EH-400AC-3	Tiempo paradas programadas actual Mobil Delvac MX 15W-40, CK-4	Tiempo paradas programadas propuesto Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40	Costo de Disponibilidad (USD/Hora-Equipo)	# equipos	TOTAL	
	[280]	-	[128]	*	[2,508]	* [1] 381,180 USD

Nota. Información adaptada de los resultados de análisis del lubricante

Al extender el periodo de drenado de aceite de motor de 250 horas a 550 horas, se reducirá en la facturación de consumo de aceite obteniendo un ahorro total de 9 800 USD.

Figura 54

Presupuesto de consumo de lubricante

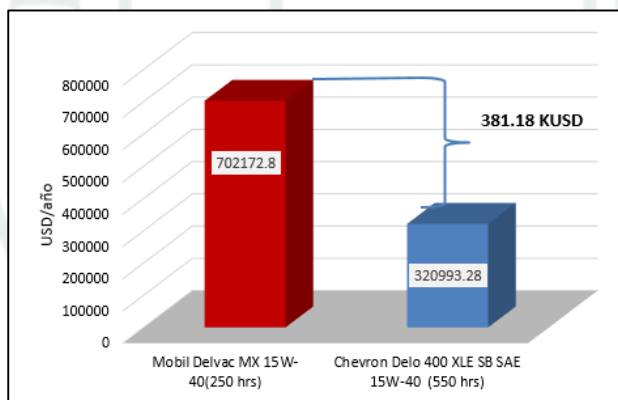


Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

La extensión confiable del periodo de drenado del aceite de motor nos estaría generando aumento de la disponibilidad de equipo por optimización del intervalo de cambio, calculándose un ahorro de USD 381 180 por año.

Figura 55

Presupuesto por disponibilidad del equipo



Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

1.2.6. Generación de residuos

Figura 56

Calculo de medio ambiente

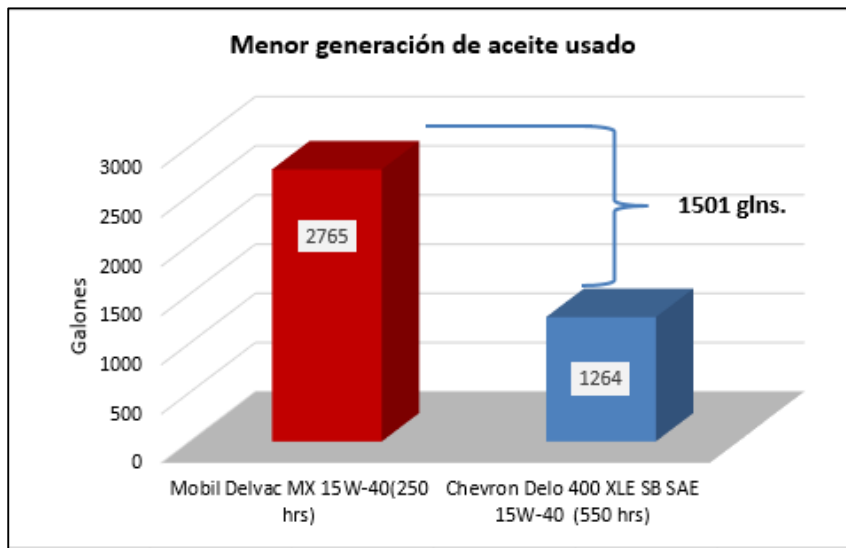
PRUEBA ACEITE CHEVRON						
Propuesta Beneficio por migración al lubricante Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40						
MEDIO AMBIENTE		Beneficio Potencial		Anual	1,501 Glns	
 Larga vida del lubricante: menor generación de desechos por optimización de intervalo de cambio						
EH4000AC-3	Consumo de aceite actual Mobil Delvac MX 15W-40, CK-4		Consumo de aceite propuesto Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40		# equipos	TOTAL
	[2,765] -		[1,264] -		[1]	1,501 Glns
Notas / Consideraciones						
Notas de Medio Ambiente						
EH4000AC-3						
# de Unidades camiones	1			Unidades		
Operación por día	24			Horas		
Operación por año	365			Días		
Operación total por año	8,760			Horas		
Intervalo de cambio con lubricante actual (Mobil Delvac MX 15W-40, CK-4)	250			Horas		
Intervalo de cambio propuesto (Chevron Delo 400 XLE SB SAE 15W-40)	550			Horas		
# de cambios de aceite con lubricante a periodo actual	35			Eventos/Equipo		
# de cambios de aceite con lubricante propuesto	16			Eventos/Equipo		
Tiempo promedio de PM 1	8			Horas		
Capacidad de componente	79			Glns		
Consumo anual de lubricante al periodo actual ⁽¹⁾	2765			Glns/Equipo		
Consumo anual de lubricante al periodo propuesto ⁽¹⁾	1264			Glns/Equipo		

Nota. Información adaptada de los resultados de análisis del lubricante

Con la extensión del periodo de cambio del lubricante se estaría optimizando los intervalos de drenado, lo cual permitiría la reducción en la generación de residuos peligrosos y a su vez menos impacto en el medio ambiente. A 550 horas de drenado la generación de aceite usado se reduce 54.3% que equivalen a 1501 galones.

Figura 57

Generación de residuos



Nota. Información adaptada del laboratorio de la unidad minera.

LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones que se presentaron en el presente estudio fueron:

- Evaluación de una sola unidad (TR20)
- Periodo limitado para el estudio (5 meses)
- Dependencia de condiciones operativas específicas
- Escases de literatura, manuales de la marca HITACHI y motores MTU.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se concluye que evaluando las condiciones de migración y extensión del periodo del cambio de lubricante en el motor del camión Hitachi EH40000ac a 550 horas es viable y favorable con el lubricante sintético logrando optimizar su eficiencia en términos cuantitativos, obteniendo beneficios reflejados en menor consumo de aceite, menores paradas por mantenimiento preventivo, menor generación de residuos y una productividad económica en términos de ahorro por coste de lubricante y menor costo horario por disponibilidad de flota

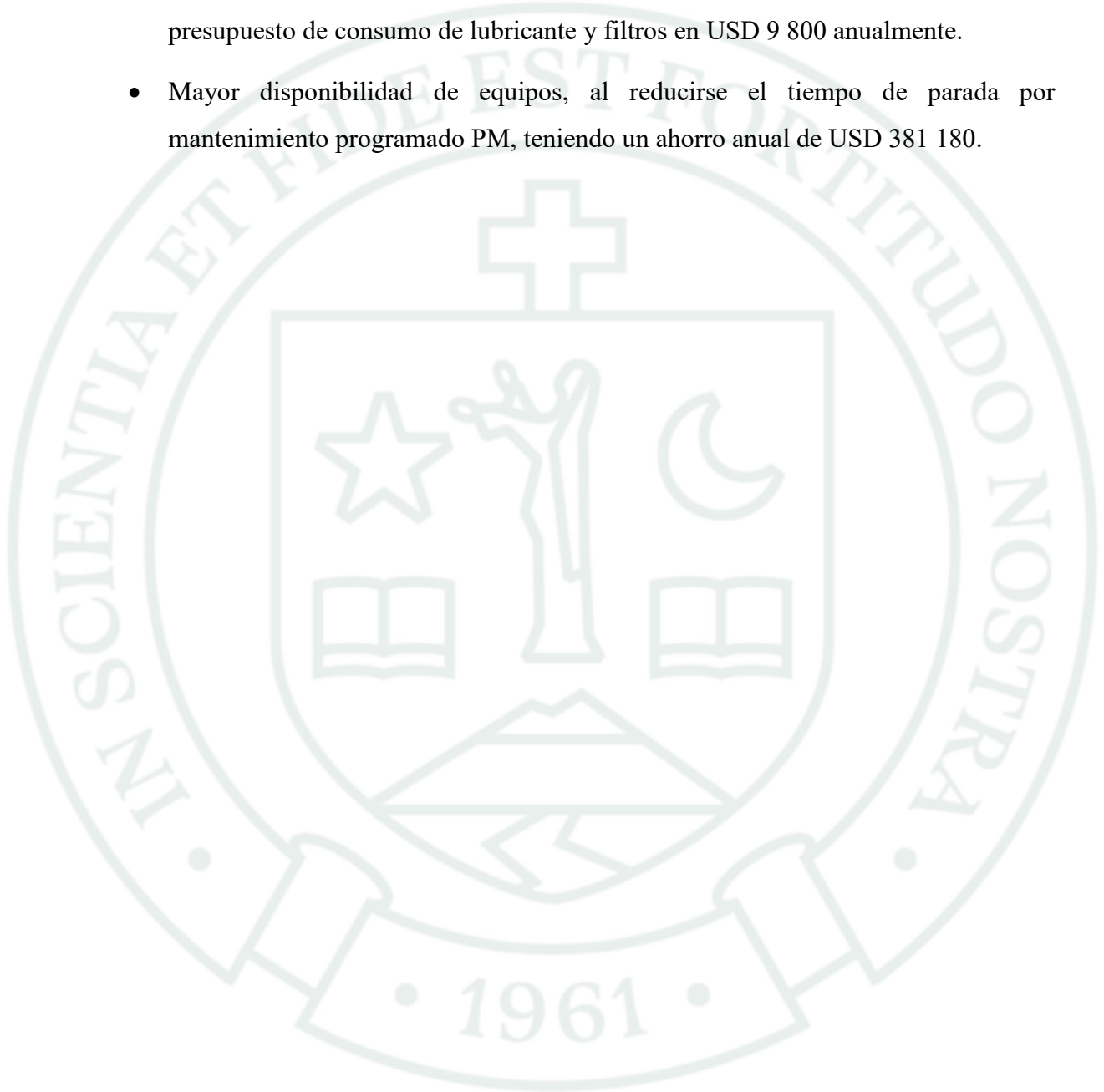
SEGUNDA: Se concluye mediante el seguimiento del análisis del lubricante que los resultados fisicoquímicos de la salud del mismo (viscosidad, oxidación, nitración y aditivos) se mantienen estables dentro de los rangos permitidos establecidos por la unidad minera, permitiendo así su extensión de periodo a las 550 horas de trabajo, también se observó que el aceite sintético mantiene un mejor control de los contaminantes, en este caso el Hollín que es crítico en este tipo de motores es directamente proporcional a las horas de trabajo del equipo y se mantiene estable en cada ciclo, y a su vez también las partículas de desgaste disminuyen reflejando un mejor cuidado de las piezas móviles del motor.

TERCERA: Se concluye que con una extensión de horas del periodo de cambio de lubricante de motor a un aceite sintético a 550 horas se obtiene mayor disponibilidad del equipo, al reducirse el tiempo en horas de parada por mantenimiento programado PM de un 54.3%, obteniendo 153 horas menos anualmente, esto se refleja en menores horas de uso de recursos como mano de obra, instalaciones y menor exposición al peligro del personal.

CUARTA: Se concluye que con una extensión de horas del periodo de cambio de lubricante de motor a un aceite sintético a 550 horas se obtuvo mediante el análisis de laboratorio que el aceite puede durar la extensión de horas sin modificar sus características fisicoquímicas y así obtener beneficios ambientales logrando una reducción del 54% (1501 galones) la generación de aceite usado.

QUINTA: Se concluye que, con una extensión de horas del periodo de cambio de lubricante de motor a un aceite sintético a 550 horas, se obtiene beneficios económicos en el ahorro de menor consumo de lubricante y filtro, además también menor horas de parada por mantenimiento se refleja en menor costo horario por disponibilidad de flota:

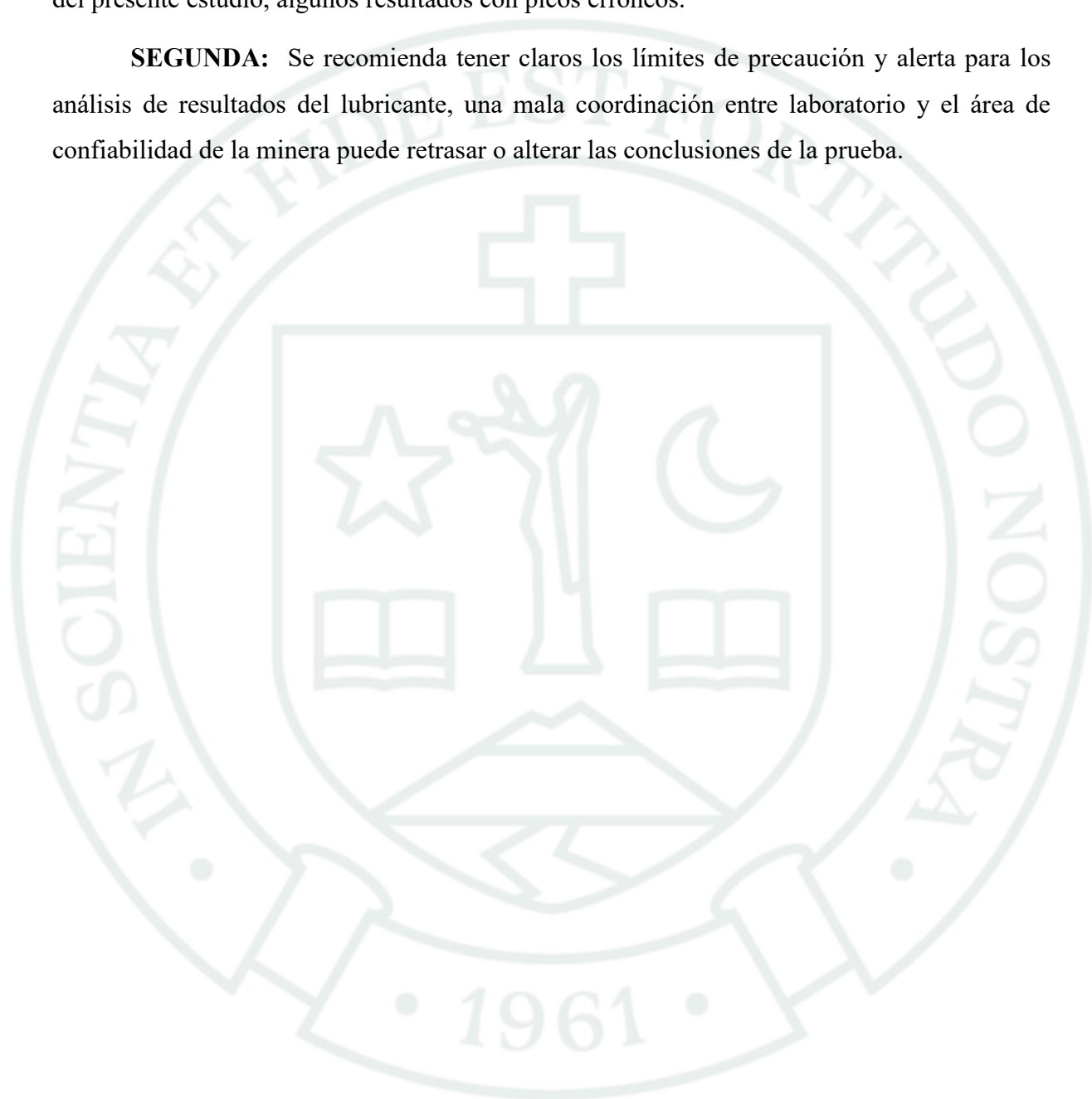
- La extensión confiable del intervalo de drenado permitirá reducir costos del presupuesto de consumo de lubricante y filtros en USD 9 800 anualmente.
- Mayor disponibilidad de equipos, al reducirse el tiempo de parada por mantenimiento programado PM, teniendo un ahorro anual de USD 381 180.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda establecer los protocolos de la muestra y que el personal involucrado se encuentre capacitado sobre el adecuado muestreo de aceite, con el fin de evitar efectos erróneos que puedan alterar los resultados finales, como se observó durante el periodo del presente estudio, algunos resultados con picos erróneos.

SEGUNDA: Se recomienda tener claros los límites de precaución y alerta para los análisis de resultados del lubricante, una mala coordinación entre laboratorio y el área de confiabilidad de la minera puede retrasar o alterar las conclusiones de la prueba.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, C. (2021). *Propuesta de optimización en la utilización de lubricantes en la flota de camiones*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil Mecánico]. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/679783104/3560902039075-Ut-Fsm>
- Apaza, J. (2022). *Prueba de desempeño de motor con el aceite Chevron en la flota de camiones CAT 785D - Mina Shougang Hierro Perú para el cliente San Martín Contratistas Generales - San Juan de Marcona - Ica*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico].
- Castillo, W., & Toapanta, O. (2019). *Principios de tribología*. Alcoy: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Caterpillar. (2024). *Camiones mineros*. Obtenido de https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks.html
- Cervantes, C. (2023). *Tribología*.
- Chevron Lubricantes. (2022). *Productos Destacados*. Obtenido de https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/home/products/equipment_type/on_highway_heavy_duty/light_duty_and_diesel_pick_up_trucks.html
- Curso de Equipo Pesado. (2019). *Sistema de lubricación del motor Diesel*. Obtenido de <https://cursodeequipopesado.online/motor-diesel/sistema-de-lubricacion/>
- Foro Economico Mundial. (2024). *Por qué la industria minera debe ser ambiciosa en el apoyo a la transición verde*. Obtenido de <https://es.weforum.org/agenda/2024/02/por-que-la-industria-minera-debe-ser-ambiciosa-en-su-apoyo-a-la-transicion-verde/>
- Gasogenio. (2023). *Funcionamiento del sistema de lubricación de un motor diésel*. Obtenido de Gasogenio: <https://gasogenio.com/es/blog/sistema-de-lubricacion-de-un-motor-diesel/>
- Guevara et al . (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.
- Helguero, M., & Arellano, G. (2009). *Implantación de análisis de aceite en motores de combustión interna de ciclo diésel*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico].

- Hernández et al. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw-Hill.
- Jost, H. (1990). Tribology: Origin and Future. *Revista Wear*, 136(1), 1-17.
- Klimovsky, G. (1971). *El método hipotético deductivo y la lógica*. la plata: Instituto de Lógica y Filosofía de las Ciencias.
- Lefresne, F. (2022). *Lubricación y engrasado en la industria: tipos y características*. Obtenido de <https://mobility-work.com/es/blog/lubricacion-engrasado-funcionamiento/>
- Lozada, J. (2014). Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica*, 3(1).
- Ministerio de Energía y Minas. (2024). *Inversión minera superó los US\$ 4,715 millones en 2023*. Recuperado el 10 de 04 de 2024
- Monje, M. (2018). *Análisis de aceites como estrategia del Mantenimiento Predictivo- Proactivo*.
- Noria Corporation. (2023). *Los fundamentos del muestreo de aceite usado*. Recuperado el 14 de 04 de 2024, de <https://noria.mx/lube-learn/analisis-lubricantes/los-fundamentos-del-muestreo-de-aceite-usado/>
- Noria Corporation. (2023). *Que es la tribología*. Obtenido de <https://noria.mx/lube-learn/que-es-la-tribologia/>
- Noria Corporation. (2024). *los lubricantes y la lubricación*. Obtenido de <https://noria.mx/lube-learn/lubricacion-maquinaria-lube-learn/certificacion-mlti/los-lubricantes-y-la-lubricacion/>
- Ortega, W. (2022). *Estudio de Factibilidad Para el Aumento de Intervalo de Cambio de Aceite en Motores de Combustión Interna de la Estación Monterrey de Transporte de Hidrocarburos*. [Tesis para optar el Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento]. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/e86a6faa-7ca4-478b-b8ad-10d99c623dd1/content>
- Portocarrero, R., & Rabanal, Y. (2019). *Mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad de los remolcadores con motor Cummins ISX en una empresa de transporte de carga*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico]. Obtenido de <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5765/TESIS-PORTOCARRERO%20RABANAL-FIME-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10, 1-7.
- Suárez, H. (2006). *Extensión de intervalos de cambio de aceites lubricantes en equipos pesados de minería e incremento de la vida útil de componentes mayores mediante monitoreo de condiciones*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico].
- Tapia, E. (2023). *Análisis de la migración y extensión del periodo de cambio del lubricante en el tren posterior de camiones mineros CAT 797F*. [Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería de Mantenimiento].
- Tapia, Francisca. (2018). *Impacto de la disponibilidad en equipos mineros de carguío y transporte ligado a sus motivos de detención*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de Minas].
- Zamine Chile. (2024). *Camiones mineros conducidos por corriente alterna (CA) EH4000AC-3*. Obtenido de https://zaminechile.cl/wp-content/uploads/2020/06/EH4000AC-3ES_digital-only_15-08.pdf



ANEXOS

ANEXO 1

REPORT DE ANÁLISIS DE LUBRICANTE

Estado	Id lab	Sede	Código de equipo	Descripción del equipo	Marca	Modelo	Descripción del componente	Lubricante	Fecha de muestreo	Fecha de recepción	Fecha de análisis	Fecha de reporte	Horas del equipo	Horas de aceite	Cambio de aceite	Cambio de filtro	Tipo de mant
OBSERVADO	27490	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-01-05	2023-01-07	2023-01-07	2023-01-07	43103	265	SI	SI	PM1
OBSERVADO	28525	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-02-16	2023-02-16	2023-02-16	2023-02-16	43399	296	SI	SI	PM3
OBSERVADO	28622	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-02-20	2023-02-20	2023-02-20	2023-02-20	43453	54	NO	NO	SEG.
NORMAL	28645	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-02-21	2023-02-21	2023-02-21	2023-02-21	43477	78	SI	SI	SEG.
NORMAL	28650	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-02-21	2023-02-22	2023-02-22	2023-02-22	43486	9	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	28859	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-03-01	2023-03-02	2023-03-02	2023-03-02	43635	158	SI	SI	PM1
OBSERVADO	29118	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-03-10	2023-03-11	2023-03-11	2023-03-11	43743	108	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	29309	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-03-17	2023-03-18	2023-03-18	2023-03-18	43907	272	SI	SI	PM2
OBSERVADO	29626	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-03-25	2023-03-26	2023-03-26	2023-03-26	44078	171	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	29782	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-03-29	2023-03-29	2023-03-29	2023-03-29	44156	249	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	29799	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-03-31	2023-03-31	2023-03-31	2023-03-31	44190	283	SI	SI	PM2
OBSERVADO	30124	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-04-10	2023-04-11	2023-04-11	2023-04-11	44412	222	SI	SI	PM4

OBSERVADO	30628	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-04-25	2023-04-26	2023-04-26	2023-04-26	44664	252	SI	SI	PM1
OBSERVADO	31127	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-05-08	2023-05-08	2023-05-08	2023-05-08	44926	262	SI	SI	PM2
OBSERVADO	31666	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-05-20	2023-05-20	2023-05-20	2023-05-20	45190	264	SI	SI	PM1
OBSERVADO	32242	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-06-03	2023-06-02	2023-06-02	2023-06-03	45463	273	SI	SI	PM3
OBSERVADO	32726	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-06-15	2023-06-15	2023-06-15	2023-06-15	45718	255	SI	SI	PM1
PRECAUCION	33301	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-06-27	2023-06-28	2023-06-28	2023-06-28	45955	237	SI	SI	PM2
PRECAUCION	33715	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-07-09	2023-07-09	2023-07-09	2023-07-09	46169	214	SI	SI	PM1
PRECAUCION	34107	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-07-20	2023-07-20	2023-07-20	2023-07-20	46411	242	NO	NO	SEG.
PRECAUCION	34262	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-07-21	2023-07-21	2023-07-21	2023-07-21	46436	267	SI	SI	SEG.
NORMAL	34308	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-07-24	2023-07-24	2023-07-24	2023-07-24	46469	35	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	34436	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-07-27	2023-07-27	2023-07-27	2023-07-27	46536	102	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	34563	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-07-29	2023-07-29	2023-07-29	2023-07-29	46587	153	NO	SI	SEG.
OBSERVADO	34621	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-07-31	2023-07-31	2023-07-31	2023-07-31	46626	192	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	34714	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-03	2023-08-03	2023-08-03	2023-08-03	46680	246	SI	SI	PM1
OBSERVADO	35011	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-09	2023-08-09	2023-08-09	2023-08-09	46815	135	NO	SI	PM2
OBSERVADO	35061	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-11	2023-08-11	2023-08-11	2023-08-11	46844	164	NO	NO	SEG.

OBSERVADO	35072	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-11	2023-08-11	2023-08-11	2023-08-11	46846	166	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	35096	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-12	2023-08-12	2023-08-12	2023-08-12	46867	187	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	35111	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-12	2023-08-13	2023-08-13	2023-08-13	46870	190	SI	SI	PM1
NORMAL	35412	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-19	2023-08-20	2023-08-20	2023-08-20	46879	9	SI	SI	PM2
OBSERVADO	35556	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-08-24	2023-08-24	2023-08-24	2023-08-24	46935	56	SI	SI	SEG.
OBSERVADO	35944	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-09-02	2023-09-03	2023-09-03	2023-09-03	47145	210	SI	SI	PM1
OBSERVADO	36562	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-09-18	2023-09-18	2023-09-18	2023-09-18	47407	262	SI	SI	PM3
OBSERVADO	37021	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-09-30	2023-09-30	2023-09-30	2023-09-30	47671	264	SI	SI	PM1
OBSERVADO	37471	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-10-11	2023-10-12	2023-10-12	2023-10-12	47931	260	SI	SI	PM2
PRECAUCION	37868	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-10-23	2023-10-23	2023-10-23	2023-10-23	48139	208	SI	SI	PM1
NORMAL	37905	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-10-24	2023-10-24	2023-10-24	2023-10-24	48156	17	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	38268	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-11-03	2023-11-04	2023-11-04	2023-11-04	48377	238	SI	SI	PM4
OBSERVADO	38735	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-11-16	2023-11-16	2023-11-16	2023-11-16	48635	258	SI	SI	PM1
NORMAL	39190	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-11-28	2023-11-28	2023-11-28	2023-11-28	48892	311	SI	SI	PM2
OBSERVADO	39544	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-12-09	2023-12-10	2023-12-10	2023-12-10	49136	244	SI	SI	PM1
OBSERVADO	40065	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2023-12-22	2023-12-22	2023-12-22	2023-12-22	49391	254	SI	SI	PM3

OBSERVADO	40484	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-01-05	2024-01-06	2024-01-06	2024-01-06	49636	245	SI	SI	PM1
OBSERVADO	40901	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-01-19	2024-01-19	2024-01-19	2024-01-19	49884	248	SI	SI	PM2
OBSERVADO	41290	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-01-30	2024-01-30	2024-01-30	2024-01-30	50122	238	SI	SI	PM1
OBSERVADO	41685	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-02-12	2024-02-12	2024-02-12	2024-02-12	50374	252	SI	SI	PM4
NORMAL	41980	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-02-22	2024-02-22	2024-02-22	2024-02-22	50506	132	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	42176	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-02-28	2024-02-28	2024-02-28	2024-02-28	50623	249	SI	SI	PM1
OBSERVADO	42443	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-03-07	2024-03-08	2024-03-08	2024-03-08	50765	142	SI	SI	PM2
OBSERVADO	42953	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-03-25	2024-03-25	2024-03-25	2024-03-25	50990	225	SI	SI	PM1
OBSERVADO	43041	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-03-27	2024-03-28	2024-03-28	2024-03-28	51060	70	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	43235	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-04-03	2024-04-03	2024-04-03	2024-04-03	51192	202	NO	SI	SEG.
OBSERVADO	43342	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-04-05	2024-04-06	2024-04-06	2024-04-06	51228	238	SI	SI	PM3
OBSERVADO	43721	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-04-20	2024-04-20	2024-04-20	2024-04-20	51507	279	SI	SI	PM1
OBSERVADO	44178	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-05-02	2024-05-03	2024-05-03	2024-05-03	51755	248	SI	SI	PM2
OBSERVADO	44644	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-05-17	2024-05-17	2024-05-17	2024-05-17	52025	270	SI	SI	PM1
OBSERVADO	45051	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	MOBIL DELVAC MX 15W-40	2024-05-28	2024-05-28	2024-05-28	2024-05-28	52232	207	SI	SI	PM4
NORMAL	45157	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-05-31	2024-05-31	2024-05-31	2024-05-31	52275	43	SI	SI	PM50

NORMAL	45320	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-06	2024-06-06	2024-06-06	2024-06-06	52372	97	NO	NO	SEG .
NORMAL	45375	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-08	2024-06-08	2024-06-08	2024-06-08	52403	128	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	45631	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-13	2024-06-13	2024-06-13	2024-06-13	52509	234	NO	SI	PM1
OBSERVADO	45734	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-16	2024-06-16	2024-06-16	2024-06-16	52568	293	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	45895	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-19	2024-06-20	2024-06-20	2024-06-20	52641	366	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	45926	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-21	2024-06-21	2024-06-21	2024-06-21	52674	400	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46033	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-23	2024-06-23	2024-06-23	2024-06-23	52727	453	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46125	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-25	2024-06-26	2024-06-26	2024-06-26	52777	502	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46169	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-06-26	2024-06-27	2024-06-27	2024-06-27	52794	519	SI	SI	SEG .
NORMAL	46435	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-04	2024-07-04	2024-07-04	2024-07-04	52896	102	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46604	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-07	2024-07-07	2024-07-07	2024-07-07	52983	189	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46697	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-11	2024-07-11	2024-07-11	2024-07-11	53055	261	NO	SI	PM1
OBSERVADO	46844	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-13	2024-07-13	2024-07-13	2024-07-13	53120	326	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46845	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-15	2024-07-15	2024-07-15	2024-07-15	53149	355	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46924	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-17	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18	53200	406	NO	NO	SEG .
OBSERVADO	46992	HUDBA Y	TR-020	CAMION ES	HITAC HI	EH4000AC -3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	53250	456	NO	NO	SEG .

PRECAUCION	47082	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-22	2024-07-22	2024-07-23	2024-07-23	53293	499	SI	SI	PM3
NORMAL	47176	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-25	2024-07-25	2024-07-25	2024-07-25	53345	52	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	47234	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-28	2024-07-28	2024-07-28	2024-07-28	53403	110	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	47307	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-07-30	2024-07-30	2024-07-30	2024-07-30	53440	147	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	47353	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-01	2024-08-01	2024-08-01	2024-08-01	53487	194	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	47471	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-04	2024-08-04	2024-08-04	2024-08-04	53565	272	NO	SI	SEG.
OBSERVADO	47541	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-05	2024-08-05	2024-08-05	2024-08-05	53594	301	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	47629	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-09	2024-08-09	2024-08-09	2024-08-09	53670	377	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	47714	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-11	2024-08-12	2024-08-12	2024-08-12	53729	436	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	47863	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-15	2024-08-16	2024-08-16	2024-08-16	53820	527	SI	SI	PM2
NORMAL	47919	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-17	2024-08-18	2024-08-18	2024-08-18	53863	43	NO	NO	SEG.
NORMAL	48075	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-19	2024-08-21	2024-08-21	2024-08-21	53905	85	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	48107	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-21	2024-08-22	2024-08-22	2024-08-22	53967	147	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	48234	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-08-26	2024-08-27	2024-08-27	2024-08-27	54067	247	NO	NO	PM4
OBSERVADO	48603	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-06	2024-09-07	2024-09-07	2024-09-07	54139	319	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	48674	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-09	2024-09-09	2024-09-09	2024-09-09	54200	380	NO	NO	SEG.

OBSERVADO	48712	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-11	2024-09-11	2024-09-11	2024-09-11	54241	421	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	48789	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-13	2024-09-13	2024-09-13	2024-09-13	54290	470	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	48812	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-14	2024-09-14	2024-09-14	2024-09-14	54320	500	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	48931	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-16	2024-09-17	2024-09-17	2024-09-17	54370	550	NO	NO	PM1
OBSERVADO	48964	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-18	2024-09-18	2024-09-18	2024-09-18	54406	586	NO	NO	SEG.
PRECAUCION	48994	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-18	2024-09-19	2024-09-19	2024-09-19	54413	593	SI	SI	PM1
OBSERVADO	49190	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-24	2024-09-25	2024-09-25	2024-09-25	54524	111	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49345	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-09-29	2024-09-30	2024-09-30	2024-09-30	54627	214	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49443	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-02	2024-10-03	2024-10-03	2024-10-03	54699	286	NO	SI	PM2
OBSERVADO	49585	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-06	2024-10-06	2024-10-06	2024-10-06	54772	359	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49593	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-08	2024-10-08	2024-10-08	2024-10-08	54804	391	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49596	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-09	2024-10-09	2024-10-09	2024-10-09	54825	412	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49641	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-09	2024-10-09	2024-10-09	2024-10-09	54834	421	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49644	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-10	2024-10-10	2024-10-10	2024-10-10	54846	433	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49730	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-12	2024-10-12	2024-10-12	2024-10-12	54887	474	NO	NO	SEG.
OBSERVADO	49730	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-14	2024-10-14	2024-10-14	2024-10-14	54927	515	NO	NO	SEG.

OBSERVADO	49730	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-17	2024-10-17	2024-10-17	2024-10-17	54985	572	SI	SI	PM1
NORMAL	49730	HUDBA Y	TR-020	CAMIONES	HITACHI	EH4000AC-3	MOTOR	DELO 400 XLE SB SAE 15W-40	2024-10-22	2024-10-22	2024-10-22	2024-10-22	55088	103	NO	NO	SEG.

Viscosidad @ 100°C (cSt)	Ag (Plata)	Al (Aluminio)	Cd (Cadmio)	Cr (Cromo)	Cu (Cobre)	Fe (Hierro)	Mo (Molibdeno)	Ni (Niquel)	Pb (Plomo)	Sn (Estañ)	Ti (Titanio)	Sb (Antimonio)	K (Potasio)	Mn (Manganes)	Na (Sodio)	Si (Silicio)	V (Vanadio)	Li (Litio)	B (Boro)	Ba (Bario)	Ca (Calcio)	Mg (Magnesio)	P (Fosforo)	Zn (Zinc)	Agua (Cualitativo)	Dilución por combustible (%)	Hollin A (Abs/0.1mm)	Hollin W (%)	Nitración (Abs/0.1mm)	Oxidación A (Abs/0.1mm)	Sulfatación (Abs/0.1mm)	TBN	Indice de PQ
15.60	0.00	0.80	0.00	0.81	0.21	19.1	43	0.18	0.00	0.76	0.00	0.00	0.23	0.00	1.18	3.75	0.00	0.01	1	0	1740	1158	1397	1551	0	0.00	1.30		0.2082	0.1402	0.0000		7
17.60	0.00	0.42	0.00	1.05	1.16	18.0	46	0.25	0.46	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	1.06	3.78	0.00	0.00	1	0	1460	938	1560	1323	0	0.00	1.88	2.84	0.0000	0.0000	0.0000	10.8	4
14.40	0.00	0.25	0.00	0.37	0.40	7.2	47	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.84	3.83	0.00	0.00	1	0	1683	1138	1320	1646	0	0.00				NR			40
12.84	0.00	0.35	0.00	0.55	0.60	8.8	54	0.02	0.00	0.00	0.00	0.72	0.14	0.00	0.95	4.24	0.00	0.10	1	0	1681	1206	1439	1509	0	0.00	0.62	0.97	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	4
14.30	0.00	0.00	0.00	0.23	0.14	2.3	42	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.91	6.41	0.00	0.01	1	0	1422	1108	1396	1624	0	0.00	0.13	0.23	0.0069	0.0067	0.0000	8.5	5
15.20	0.00	2.70	0.04	0.38	0.67	11.6	44	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	1.22	0.35	1.08	3.54	0.00	0.00	2	0	1537	1175	1077	1304	0	0.00	0.92	1.42	0.0000	0.0000	0.0000	7.9	8
19.40	0.00	0.14	0.00	0.15	0.20	4.4	43	0.11	0.02	0.00	0.00	0.21	0.52	0.00	1.48	4.70	0.00	0.18	1	0	1611	1194	1325	1564	0	0.00	0.27	0.57	0.0608	0.0389	0.0000	8.5	7
16.60	0.00	0.70	0.00	0.77	0.82	17.8	61	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	5.94	0.00	8.74	5.30	0.00	0.00	1	0	2032	1369	1608	1572	0	0.00	1.22	2.00	0.1500	0.0998	0.0000	8.1	4

16.3	0.0 0	0.46	0.00	0.5 8	0.5 2	12. 4	44	0.3 1	0.2 7	1.4 8	0.0 0	0.00	0.6 6	0.00	1.5 4	2.7 9	0.00	0. 00	1	0	16 81	1094	142 9	15 04	0	0.00	1.1 4	1. 89	0.138 4	0.09 81	0.00 00	8. 0	5
17.0	0.0 0	0.90	0.07	0.8 8	0.9 2	21. 1	61	0.2 0	0.0 5	0.9 9	0.0 0	0.00	0.6 6	0.00	1.8 9	4.2 4	0.00	0. 00	2	0	17 75	1221	132 5	15 65	0	0.00	1.7 2	2. 77	0.198 9	0.14 54	0.00 00	8. 0	6
15.0	0.0 0	0.72	0.00	0.3 0	0.3 6	5.4	49	0.2 0	0.0 0	1.0 3	0.0 0	0.00	1.3 1	0.00	1.2 4	6.8 3	0.00	0. 08	1	0	14 65	1196	127 0	14 80	0	0.00	0.4 0	0. 76	0.061 6	0.03 64	0.00 00	8. 1	8
18.0	0.7 3	1.81	0.95	0.9 1	1.9 1	25. 2	58	0.3 3	1.0 3	1.6 1	0.0 0	0.53	1.3 4	0.00	1.9 9	6.9 0	0.50	1. 16	2	0	17 95	1346	156 8	16 12	0	0.00	1.9 1	3. 04	0.186 3	0.12 18	0.00 00	7. 9	4
16.1	0.0 0	0.99	0.00	0.8 6	0.9 4	19. 6	52	0.2 1	0.3 3	0.0 2	0.0 0	0.00	0.2 4	0.00	1.2 3	4.4 6	0.00	0. 01	1	0	20 07	1292	150 9	16 48	0	0.00	1.2 9	2. 11	0.175 0	0.12 50	0.00 00	7. 7	3
16.3	0.0 0	0.58	0.00	0.7 7	0.8 8	19. 7	48	0.2 6	0.4 8	0.1 4	0.0 0	0.39	0.2 2	0.00	1.1 5	3.7 5	0.00	0. 01	1	0	16 54	1139	157 7	15 05	0	0.00	1.5 1	2. 44	0.180 9	0.12 77	0.00 00	7. 8	7
17.2	0.0 0	0.55	0.10	0.6 3	0.7 9	19. 7	49	0.2 9	0.0 2	0.5 4	0.0 0	0.00	0.2 0	0.00	1.1 3	2.6 3	0.00	0. 00	1	0	16 84	1134	134 0	14 92	0	0.00	1.6 0	2. 57	0.209 2	0.14 23	0.00 00	8. 0	3
16.5	0.0 0	0.95	0.00	0.6 9	0.7 9	19. 4	54	0.1 7	0.4 7	0.9 7	0.0 0	0.00	0.9 8	0.00	1.5 3	3.1 0	0.00	0. 00	1	0	16 98	1266	129 7	16 08	0	0.00	0.1 9	0. 56	0.00	0.00	0.00 00	1 1. 3	7
16.4	0.0 0	0.00	0.11	0.5 4	0.5 7	16. 0	50	0.1 4	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.00	0.2 1	0.00	1.2 1	1.5 8	0.00	0. 00	1	0	21 00	1311	148 1	19 02	0	0.00	1.6 2	2. 37	0.131 3	0.09 41	0.00 00	7. 9	8
16.2	0	0.8	0.09	0.6 5	0.7 9	19. 0	61	0.2 6	0	0.9 8	0	0	0.3	0.14	1.2 3	4.3 7	0	0. 06	1. 23	0	18 22	1322	124 2	16 11	0	0.00	1.7 4	2. 52	0.119 6	0.00 46	0.00 00	7. 7	5
16.3	0.0 0	0.00	0.00	0.5 5	0.7 7	17. 2	49	0.1 8	0.3 4	0.0 0	0.0 0	0.00	0.2 7	0.00	1.6 3	2.3 2	0.00	0. 00	1	0	19 61	1293	137 9	18 63	0	0.00	1.4 1	2. 11	0.126 4	0.09 00	0.00 00	8. 0	6
16.5	0.0 0	0.82	0.06	0.8 1	0.8 7	21. 9	61	0.2 1	0.9 5	1.4 7	0.0 0	0.00	2.7 7	0.00	4.3 7	4.2 0	0.00	0. 05	1	0	17 60	1257	127 1	15 16	0	0.00	1.7 7	2. 55	0.154 4	0.06 43	0.00 00	7. 5	4
16.2	0.0 0	0.69	0.04	0.6 3	0.6 7	18. 3	44	0.6 8	1.4 3	1.6 1	0.0 0	0.00	2.3 9	0.00	3.4 9	4.0 8	0.00	0. 01	1	0	13 07	1176	142 7	11 97	0	0.00	1.7 0	2. 43	0.138 6	0.10 78	0.00 00	7. 8	6
14.8	0.0 0	0.51	0.00	0.2 1	0.1 9	4.2	39	0.2 7	1.1 0	0.1 2	0.0 0	0.00	0.6 9	0.00	1.8 5	3.9 6	0.00	0. 04	1	0	12 87	1035	130 4	12 19	0	0.00	0.3 7	0. 78	0.028 4	0.02 29	0.00 00	8. 8	8
14.9	0.0 0	0.87	0.00	0.5 7	0.4 1	9.3	48	0.6 4	1.2 8	1.7 3	0.0 0	0.00	1.7 5	0.00	2.1 1	3.1 2	0.00	0. 23	1	0	14 32	1193	121 1	13 40	0	0.00	0.6 8	1. 18	0.060 0	0.05 00	0.00 00	8. 5	9

15.4	0.0 0	0.50	0.20	0.3 5	0.6 0	12. 7	44	0.2 8	0.4 6	0.9 1	0.0 0	0.00	2.3 4	0.00	2.9 1	5.3 8	0.06	0. 01	1	0	16 54	1160	124 2	15 86	0	0.00	1.0 1	1. 60	0.100 0	0.07 39	0.00 00	8. 1	9
15.3	0.0 0	0.11	0.03	0.4 4	0.7 1	13. 7	53	0.3 0	0.2 8	0.0 0	0.0 0	1.26	1.9 1	0.00	2.9 3	4.8 4	0.04	0. 00	1	0	17 98	1168	128 0	16 28	0	0.00	1.1 4	1. 76	0.100 0	0.07 48	0.00 00	7. 9	5
16.0	0.0 0	0.66	0.09	0.5 7	2.3 2	18. 3	54	0.2 5	0.0 0	0.9 8	0.0 0	0.00	1.9 7	0.00	2.4 3	10. 68	0.00	0. 01	1	0	14 98	1247	128 9	16 57	0	0.00	1.5 4	2. 26	0.133 2	0.05 46	0.00 00	7. 7	7
15.1	0.0 0	0.33	0.09	0.2 3	0.9 8	11. 0	43	0.5 9	0.3 2	0.6 3	0.0 0	0.00	3.0 7	0.00	3.7 8	4.0 2	0.00	0. 01	1	0	16 14	1088	115 5	16 03	0	0.00	0.9 2	1. 48	0.082 9	0.06 43	0.00 00	7. 7	6
15.4	0.0 0	0.00	0.00	0.4 5	1.4 1	18. 4	52	0.4 8	0.6 3	2.0 6	0.0 0	0.00	0.5 6	0.00	1.3 6	4.4 7	0.00	0. 01	1	0	17 07	1458	126 8	18 14	0	0.00	1.0 3	1. 63	0.095 9	0.07 36	0.00 00	8. 0	4
15.2	0.0 0	0.70	0.00	0.6 2	1.6 3	17. 5	55	0.5 5	0.5 4	1.6 9	0.0 0	0.00	2.0 8	0.00	2.2 5	3.4 7	0.00	0. 01	1	0	16 07	1340	151 3	16 70	0	0.00	1.0 6	1. 66	0.103 1	0.07 75	0.00 00	8. 7	4
15.4	0.0 0	0.00	0.00	0.6 3	1.9 3	19. 4	48	0.4 1	0.0 0	0.7 8	0.0 0	0.00	1.1 8	0.00	2.0 3	3.6 9	0.00	0. 00	1	0	14 44	1171	140 0	13 43	0	0.00	1.1 9	1. 82	0.113 7	0.08 49	0.00 00	7. 9	7
15.3	0.0 0	0.00	0.00	0.6 5	1.7 9	20. 0	54	0.2 0	0.0 0	0.1 4	0.0 0	0.00	0.7 0	0.00	1.7 7	3.8 9	0.00	0. 02	1	0	15 80	1311	150 4	16 77	0	0.00	1.1 0	1. 71	0.104 6	0.07 80	0.00 00	7. 3	7
15.0	0.0 0	0.00	0.01	0.3 2	0.2 5	14. 0	55	0.4 5	0.9 4	0.9 4	0.0 0	0.30	0.0 0	0.00	1.8 6	4.2 9	0.00	0. 01	1	0	14 97	1309	128 0	18 44	0	0.00	0.8 1	1. 35	0.099 4	0.07 63	0.00 00	8. 2	6
14.2	0.0 0	0.00	0.18	0.2 6	6.6 7	2.4	43	0.3 6	0.0 0	1.5 2	0.0 0	0.00	0.0 0	0.00	1.9 2	4.3 1	0.00	0. 00	1	0	13 52	1068	117 6	15 40	0	0.00	0.0 5	0. 39	0.000 0	0.00 20	0.00 00	8. 9	5
14.8	0.0 0	0.97	0.00	1.0 5	6.9 9	17. 8	46	0.3 4	0.0 2	0.7 0	0.0 0	0.00	0.3 3	0.00	1.1 1	3.6 1	0.00	0. 00	1	0	16 74	1207	133 8	16 25	0	0.00	0.7 5	1. 27	0.098 6	0.08 24	0.00 00	8. 1	5
15.1	0.0 0	0.83	0.25	1.2 0	3.9 4	20. 0	45	0.3 2	0.0 0	1.0 4	0.0 0	0.00	0.2 4	0.00	0.9 9	3.3 0	0.00	0. 03	1	0	17 24	1397	139 8	16 11	0	0.00	0.8 8	1. 31	0.120 0	0.10 00	0.00 00	7. 6	8
15.2	0.0 0	1.12	0.09	0.6 6	3.0 5	17. 9	47	0.2 2	0.0 0	0.9 4	0.0 0	0.00	0.6 4	0.07	1.3 1	4.6 1	0.00	0. 01	1	0	17 56	1377	126 9	17 95	0	0.00	0.9 0	1. 45	0.118 8	0.09 16	0.00 00	7. 7	11
15.0	0.0 0	0.45	0.02	0.4 8	2.1 4	14. 9	48	0.2 3	0.0 6	0.5 5	0.0 0	0.00	0.3 2	0.00	0.8 7	3.8 8	0.00	0. 01	1	0	17 90	1225	127 0	17 21	0	0.00	0.7 5	1. 26	0.098 0	0.07 70	0.00 00	8. 3	3
14.2	0.0 0	0.58	0.00	0.3 6	1.7 1	11. 5	46	0.2 4	0.1 6	0.0 0	0.0 0	0.00	0.2 2	0.00	0.7 4	3.3 7	0.00	0. 01	1	0	15 75	1250	134 7	15 06	0	0.30	0.6 7	1. 17	0.082 0	0.06 29	0.00 00	7. 8	6
14.2	0.0 0	0.36	0.15	0.1 3	0.3 5	5.3	40	0.0 8	0.3 4	0.0 0	0.0 0	0.00	0.3 1	0.00	0.7 2	5.4 2	0.00	0. 06	1	0	12 86	1107	116 4	15 87	0	0.00	0.0 8	0. 43	0.012 0	0.01 15	0.00 00	8. 6	7

14.1	0.0	0.00	0.00	0.1	1.7	12.	39	0.4	0.2	0.0	0.0	0.00	0.3	0.00	0.3	3.1	0.00	0.	1	0	12	1324	133	17	0	0.00	0.6	1.	0.099	0.10	0.00	8.	
	0			6	7	6		4	8	0	0		6		8	8		01	1	0	71		8	02	0		9	18	7	0.10	0.00	8.	7
14.1	0.0	0.72	0.00	0.5	2.0	17.	48	0.0	0.3	0.2	0.0	0.00	0.1	0.00	0.7	2.7	0.00	0.	1	0	15	1292	120	16	0	0.30	0.8	1.	0.112	0.11	0.00	8.	4
	0			4	2	2		9	0	8	0		7		3	3		01	1	0	86		8	71	0		3	37	0	0.11	0.00	1	
14.0	0.0	0.70	0.00	0.3	1.6	13.	42	0.5	0.4	1.0	0.0	0.00	0.3	0.00	0.4	3.3	0.00	0.	1	0	13	1204	125	14	0	0.00	0.3	0.	0.810	0.10	0.00	8.	6
	0			6	2	0		1	9	9	0		3		2	4		00	1	0	96		3	32	0		5	79	4	0.10	0.00	0	
13.9	0.0	0.54	0.08	0.2	1.4	13.	46	0.0	0.0	0.1	0.0	0.00	0.2	0.00	0.5	2.2	0.00	0.	1	0	16	1388	122	17	0	0.30	0.7	1.	0.093	0.11	0.00	8.	7
	0			5	1	7		0	0	7	0		0		1	8		00	1	0	60		0	14	0		7	29	3	0.11	0.00	0	
13.9	0.0	0.94	0.23	0.4	1.1	13.	47	0.0	0.0	1.6	0.0	0.00	0.2	0.16	0.7	2.7	0.00	0.	1	0	16	1122	112	14	0	0.20	1.0	1.	0.094	0.11	0.00	7.	8
	0			0	2	9		8	0	8	0		4		4	5		01	1	0	19		9	92	0		6	66	4	0.11	0.00	8	
14.0	0.0	0.72	0.00	0.4	0.9	12.	47	0.2	0.4	1.6	0.0	0.00	0.1	0.18	0.5	2.5	0.00	0.	1	0	14	1200	114	16	0	0.30	0.9	1.	0.093	0.10	0.00	8.	6
	0			1	7	0		5	2	9	0		6		7	8		01	1	0	76		7	50	0		5	52	0	0.10	0.00	2	
14.0	0.0	0.84	0.11	0.4	0.8	11.	44	0.0	0.0	0.8	0.0	0.00	0.2	0.00	0.6	3.3	0.00	0.	1	0	15	1169	121	14	0	0.40	0.9	1.	0.091	0.10	0.00	8.	4
	0			8	8	0		4	0	8	0		6		9	6		00	1	0	06		2	48	0		2	48	2	0.10	0.00	1	
14.0	0.0	0.60	0.24	0.4	0.7	11.	45	0.1	0.0	0.9	0.0	0.00	0.1	0.00	0.7	2.7	0.00	0.	1	0	17	1208	124	16	0	0.40	1.0	1.	0.096	0.11	0.00	8.	4
	0			1	9	6		5	0	5	0		2		2	4		02	1	0	31		3	07	0		5	65	4	0.11	0.00	1	
14.3	0.0	0.39	0.00	0.3	0.8	12.	46	0.1	0.4	0.6	0.0	0.00	0.2	0.00	1.0	3.0	0.00	0.	1	0	17	1175	113	17	0	0.40	1.1	1.	0.101	0.10	0.00	8.	4
	0			4	3	4		2	8	2	0		2		1	1		01	1	0	28		3	59	0		3	75	9	0.10	0.00	0	
13.9	0.0	0.56	0.00	0.2	0.5	8.4	54	0.0	0.0	1.1	0.0	0.08	0.2	0.16	0.9	3.9	0.10	0.	1	0	16	1316	112	18	0	0.00	0.6	0.	0.052	0.05	0.00	8.	6
	0			6	7			0	0	6	1		7		0	0	0.10	01	1	0	93		6	31	0		2	96	5	0.05	0.00	3	
14.1	0.0	0.57	0.00	0.4	0.9	11.	51	0.0	0.0	1.5	0.0	0.00	0.2	0.00	0.9	3.2	0.00	0.	1	0	17	1259	114	18	0	0.00	1.0	1.	0.094	0.10	0.00	7.	2
	0			2	4	3		0	0	7	0		2		3	7		01	1	0	09		1	03	0		1	60	5	0.10	0.00	7	
14.1	0.0	0.50	0.00	0.3	0.4	5.3	44	0.0	0.0	0.2	0.0	0.00	0.2	0.00	0.9	3.6	0.00	0.	1	0	16	1136	118	16	0	0.40	0.7	1.	0.068	0.06	0.00	8.	6
	0			0	4			0	8	0	0		0		6	3		01	1	0	66		2	29	0		6	28	6	0.06	0.00	5	
13.7	0.0	0.80	0.02	0.3	0.9	11.	49	0.0	0.0	0.8	0.0	0.00	0.2	0.00	0.7	3.4	0.00	0.	1	0	14	1361	121	18	0	0.60	1.1	1.	0.098	0.09	0.00	8.	4
	0			4	3	4		8	0	8	0		0		9	7		01	1	0	92		7	81	0		0	70	8	0.09	0.00	1	
13.9	0.0	0.57	0.00	0.2	0.3	3.5	45	0.1	0.0	0.9	0.0	0.00	0.1	0.00	0.8	3.3	0.00	0.	1	0	15	1223	114	15	0	0.70	0.4	0.	0.041	0.03	0.00	8.	4
	0			2	0			3	0	8	0		8		2	2		04	1	0	84		6	59	0		6	90	1	0.03	0.00	7	
14.3	0.0	2.48	0.00	0.4	0.6	11.	47	0.0	0.0	0.9	0.0	0.00	3.1	0.00	1.7	12.	0.00	0.	1	0	16	1185	115	15	0	0.90	1.1	1.	0.096	0.09	0.00	7.	9
	0			2	3	3		0	0	6	0		4		7	48		01	1	0	57		5	27	0		1	72	4	0.09	0.00	6	
14.3	0.0	0.34	0.00	0.3	0.6	9.8	38	0.1	0.0	0.6	0.0	0.91	0.2	0.00	1.0	4.0	0.00	0.	1	0	16	1109	115	15	0	0.30	1.1	1.	0.106	0.10	0.00	7.	4
	0			3	2			7	0	1	0		7		2	3		01	1	0	57		7	56	0		5	77	4	0.10	0.00	5	

14.3	0.0 0	0.67	0.01	0.4 7	0.8 1	14. 5	49	0.0 4	0.0 0	0.6 3	0.0 0	0.00	0.1 8	0.00	0.9 1	3.3 7	0.00	0. 01	1	0	16 43	1385	124 3	16 06	0	0.40	1.2 2	1. 85	0.115 5	0.11 72	0.00 00	7. 7	4
14.0	0.0 0	0.62	0.01	0.4 2	0.7 7	11. 6	39	0.0 0	0.0 0	0.6 5	0.0 0	0.00	0.9 4	0.00	0.8 6	8.1 2	0.00	0. 01	1	0	14 79	1257	122 4	14 05	0	0.60	1.0 0	1. 58	0.115 3	0.11 66	0.00 00	8. 2	6
14.5	0.0 0	0.53	0.00	0.2 0	0.1 9	3.8	48	0.1 1	0.0 4	0.8 2	0.0 0	0.61	0.2 8	0.00	0.9 1	9.9 9	0.00	0. 01	1	0	14 37	1352	119 0	19 88	0	0.00	0.2 0	0. 57	0.023 0	0.02 00	0.00 00	9. 0	4
13.8	0.0 0	0.52	0.00	0.3 1	0.6 5	10. 4	50	0.2 1	0.3 3	1.2 7	0.0 0	0.40	0.4 0	0.00	0.7 9	3.3 8	0.00	0. 01	1	0	15 22	1280	116 3	19 08	0	0.30	0.7 8	1. 31	0.083 9	0.09 37	0.00 00	7. 7	3
14.0	0.0 0	1.33	0.01	0.0 0	0.1 9	4.5	71	0.2 5	1.1 5	1.7 6	0.0 0	0.90	0.7 3	0.08	2.2 8	3.7 3	0.00	0. 00	25 6	0	13 32	323	896	15 00	0	0.00	0.1 9	0. 56	0.026 0	0.01 46	0.00 00		4
13.9	0.0 0	1.56	0.00	0.0 6	0.2 5	3.8	79	0.1 2	0.2 0	1.5 6	0.3 4	0.92	0.3 1	0.00	2.7 5	4.0 0	0.00	0. 00	32 6	0	15 19	308	962	15 64	0	0.00	0.3 6	0. 72	#iRE F!	#iR EF!	0.00 00		7
13.8	0.0 0	1.58	0.00	0.0 6	0.3 1	5.0	77	0.1 6	0.1 5	1.0 2	0.0 0	0.48	0.3 5	0.00	2.6 1	3.9 1	0.00	0. 01	30 3	0	14 48	321	992	14 44	0	0.00	0.4 5	0. 79	0.057 0	0.03 92	0.00 00		8
13.9	0.0 0	1.98	0.01	0.1 3	0.6 8	10. 2	76	0.2 0	0.0 0	1.3 7	0.1 9	0.00	0.3 9	0.00	2.7 3	3.7 2	0.00	0. 01	29 8	0	16 69	330	971	14 09	0	0.00	0.7 2	1. 13	0.102 8	0.08 76	0.00 00		9
14.0	0.0 0	1.86	0.00	0.2 6	0.6 9	9.7	76	0.0 2	0.0 0	1.4 5	0.0 0	1.64	0.3 9	0.00	2.8 4	3.3 3	0.00	0. 01	27 9	0	15 57	307	997	13 33	0	0.00	0.7 3	1. 15	0.101 9	0.08 89	0.00 00		9
14.3	0.0 0	2.06	0.00	0.3 4	1.1 0	14. 2	91	0.1 0	0.0 0	1.9 0	0.0 0	0.00	0.4 3	0.07	2.9 1	3.6 2	0.00	0. 07	27 9	0	16 75	352	996	14 33	0	0.10	0.9 0	1. 46	0.139 5	0.12 79	0.00 00		8
14.3	0.0 0	1.79	0.00	0.2 2	1.0 3	13. 9	92	0.1 7	0.0 0	1.1 7	0.0 0	0.00	0.4 9	0.00	2.6 6	3.7 2	0.00	0. 00	25 3	0	15 50	334	107 0	13 96	0	0.20	1.0 6	1. 66	0.153 6	0.14 22	0.00 00		7
14.7	0.0 0	2.05	0.00	0.3 8	1.4 7	17. 2	93	0.1 3	0.4 8	1.8 7	0.0 0	0.00	0.4 9	0.00	2.9 3	3.9 2	0.00	0. 00	23 9	0	16 69	332	979	15 08	0	0.30	1.3 7	2. 05	0.184 2	0.16 18	0.00 00		6
15.0	0.0 0	1.74	0.00	0.3 9	1.3 8	17. 6	92	0.2 3	0.0 0	0.5 8	0.0 0	0.00	0.4 4	0.00	2.6 7	3.3 9	0.00	0. 00	22 3	0	14 43	361	123 9	13 56	0	0.30	1.4 5	2. 14	0.182 2	0.16 01	0.00 00		7
15.2	0.0 0	2.02	0.00	0.4 9	1.6 6	19. 5	93	0.1 8	0.1 8	1.8 0	0.0 0	0.00	0.4 7	0.00	2.9 8	6.3 4	0.00	0. 01	22 6	0	15 85	339	106 5	14 18	0	0.30	1.5 3	2. 26	0.189 1	0.16 74	0.00 00		6
14.1	0.0 0	1.75	0.00	0.1 4	0.3 9	6.9	88	0.1 3	0.0 5	1.3 5	0.0 0	1.17	0.4 8	0.00	2.9 4	3.6 1	0.03	0. 01	28 9	0	15 29	321	102 8	13 66	0	0.00	0.5 0	0. 96	0.064 7	0.04 14	0.00 00		7

14.3	0.0 0	1.69	0.00	0.1 1	0.5 3	10. 3	92	0.1 9	0.5 6	1.3 9	0.0 0	0.00	0.4 6	0.00	2.2 9	3.5 0	0.00	0. 00	25 3	0	13 48	353	107 6	13 67	0	0.00	0.7 6	1. 27	0.111 033	0.10 043 2	0		8
14.8	0.0 0	2.02	0.09	0.3 4	0.8 7	14. 1	106	0.0 0	0.5 9	1.4 1	0.0 0	0.00	0.5 3	0.00	3.0 2	3.8 5	0.00	0. 01	28 2	0	16 32	336	105 7	13 90	0	0.00	1.0 2	1. 62	0.150 3	0.13 94	0.00 00		7
14.7	0	1.88	0	0.2 6	0.8 2	13. 3	103	0.0 3	0.6 2	2.1 3	0.0 0	0.00	0.4 7	0.05	2.6 4	3.4	0.00	0. 01	27 4. 1	0	15 46	339	102 5	13 93	0	0.00	0.8 5	1. 37	0.120 3	0.10 70	0.00 00		5
14.8	0	1.95	0	0.3 1	0.8 1	13. 0	99	0.0 8	0.6	1.3 7	0.0 0	0.00	0.5 6	0	2.8 3	3.5 4	0.00	0. 01	25 2. 8	0	15 28	328	104 7	13 27	0	0.00	0.9 3	1. 49	0.130 7	0.12 19	0.00 00		5
14.8	0.0 0	1.73	0.00	0.2 2	1.0 6	15. 0	102	0.3 8	0.2 2	1.2 3	0.0 0	0.00	0.5 7	0.00	2.7 4	3.3 6	0.00	0. 00	27 5	0	16 75	352	108 9	14 95	0	0.00	1.0 9	1. 70	0.152 2	0.14 25	0.00 00		4
15.1	0.0 0	1.57	0.00	0.3 2	1.0 8	14. 6	85	0.4 1	0.9 6	1.4 4	0.0 0	0.00	0.5 4	0.00	2.5 7	3.4 9	0.00	0. 00	21 9	0	13 59	324	113 1	13 00	0	0.00	1.2 6	1. 92	0.173 1	0.16 69	0.00 00		4
15.2	0.0 0	2.00	0.00	0.5 0	1.3 9	16. 7	100	0.3 1	0.0 0	1.2 9	0.0 0	0.00	0.5 6	0.00	3.2 8	3.6 7	0.00	0. 02	24 6	0	17 33	316	111 2	14 81	0	0.00	1.4 0	2. 09	0.181 3	0.17 36	0.00 00		4
14.1	0.0 0	1.39	0.00	0.0 4	0.2 4	4.3	70	0.4 0	0.5 7	1.8 4	0.0 0	0.00	0.7 8	0.00	2.6 3	4.5 6	0.00	0. 00	23 6	0	11 81	287	102 4	12 78	0	0.00	0.3 1	0. 71	0.040 8	0.02 52	0.00 00		4
14.2	0.0 0	1.35	0.07	0.0 7	0.3 2	6.4	82	0.2 3	0.5 9	1.4 4	0.0 0	0.00	0.4 4	0.00	2.2 8	2.9 9	0.00	0. 00	24 9	0	12 97	317	100 9	13 87	0	0.00	0.5 4	1. 00	0.066 5	0.04 71	0.00 00		7
14.3	0.0 0	1.34	0.00	0.0 7	0.4 0	7.9	78	0.2 6	0.1 6	0.6 7	0.0 0	0.02	0.4 3	0.00	2.2 9	2.8 6	0.00	0. 00	25 1	0	13 05	356	117 8	13 76	0	0.00	0.6 3	1. 12	0.084 7	0.06 77	0.00 00		6
14.3	0.0 0	1.22	0.00	0.0 2	0.4 1	8.0	74	0.2 7	0.0 8	0.0 0	0.0 0	0.00	0.4 9	0.00	2.6 0	3.0 1	0.00	0. 01	24 0	0	13 43	357	121 8	13 29	0	0.00	0.6 5	1. 14	0.087 6	0.07 37	0.00 00		5
14.7	0.0 0	1.73	0.02	0.2 8	0.6 6	11. 5	97	0.1 7	0.4 2	1.3 5	0.0 0	0.97	0.4 2	0.00	2.7 0	3.3 2	0.00	0. 01	27 0	0	15 29	314	100 4	14 09	0	0.00	0.9 0	1. 45	0.130 2	0.11 96	0.00 00		9
14.7	0.0 0	1.88	0.00	0.2 2	0.7 1	12. 1	95	0.0 4	0.0 0	1.9 8	0.0 0	0.00	0.4 1	0.19	2.4 3	3.1 7	0.00	0. 00	23 4	0	13 87	329	967	12 26	0	0.00	0.9 1	1. 47	0.136 2	0.12 76	0.00 00		9
14.9	0.0 0	1.71	0.00	0.2 3	0.9 7	14. 5	107	0.2 8	0.0 0	1.9 0	0.0 0	0.00	0.4 8	0.00	2.6 5	3.6 0	0.00	0. 01	28 2	0	15 26	351	102 9	15 02	0	0.00	0.9 7	1. 54	0.154 1	0.14 87	0.00 00		4

14.9	0.0 0	1.72	0.00	0.2 7	0.8 9	13. 3	87	0.1 3	0.0 0	0.6 9	0.0 0	0.00	0.9 6	0.00	3.2 5	3.3 5	0.00	0. 01	21 7	0	13 37	344	116 6	11 85	0	0.00	1.0 4	1. 63	0.171 0	0.14 90	0.00 00		5
15.1	0.0 0	1.88	0.00	0.3 0	1.0 8	14. 8	111	0.3 1	0.4 3	1.0 8	0.0 0	0.00	0.5 6	0.00	3.4 5	3.7 5	0.00	0. 00	28 1	0	18 76	328	105 1	15 58	0	0.00	1.1 1	1. 73	0.152 7	0.14 44	0.00 00		3
14.3	0.0 0	0.98	0.00	0.0 0	0.1 5	3.4	69	0.6 2	1.4 7	0.0 0	0.0 0	0.00	0.6 0	0.00	2.7 7	5.0 0	0.00	0. 00	32 3	0	14 92	340	131 1	18 35	0	0.00	0.2 3	0. 61	0.034 7	0.01 80	0.00 00		3
14.2	0.0 0	0.58	0.00	0.0 0	0.1 5	3.2	50	0.8 3	1.5 0	0.0 0	0.0 0	0.00	0.6 6	0.00	1.8 2	3.0 6	0.00	0. 00	17 6	0	10 64	316	126 5	13 01	0	0.00	0.3 9	0. 81	0.058 8	0.04 57	0.00 00		6
14.3	0.0 0	1.03	0.00	0.0 0	0.3 2	6.6	70	0.8 5	0.8 5	0.0 0	0.0 0	0.00	1.0 0	0.00	2.5 2	3.6 6	0.00	0. 00	25 0	0	14 02	358	142 7	15 19	0	0.00	0.6 0	1. 08	0.093 4	0.08 45	0.00 00		5
14.6	0.0 0	1.57	0.00	0.1 3	0.5 5	9.4	92	0.4 1	0.7 5	0.4 0	0.0 0	0.00	0.5 1	0.00	2.8 8	5.7 6	0.00	0. 02	28 9	0	16 80	319	112 3	15 42	0	0.00	0.6 6	1. 15	0.109 3	0.14 16	0.00 00		7
14.8	0.0 0	0.96	0.01	0.0 4	0.5 9	10. 2	74	0.5 6	0.8 6	0.0 0	0.0 0	0.00	0.6 2	0.00	2.3 1	3.8 5	0.00	0. 00	25 6	0	15 82	385	141 3	16 48	0	0.00	0.8 1	1. 35	0.126 3	0.11 41	0.00 00		5
15.0	0.0 0	1.84	0.00	0.2 7	0.9 1	13. 5	107	0.2 1	0.2 6	0.7 0	0.0 0	0.00	0.4 9	0.00	2.9 7	3.9 4	0.00	0. 00	28 6	0	17 73	350	114 6	16 04	0	0.00	1.0 2	1. 61	0.146 8	0.13 94	0.00 00		6
15.2	0.0 0	1.66	0.00	0.2 9	1.1 3	14. 8	97	0.3 5	0.1 1	0.0 0	0.0 0	0.00	0.5 0	0.00	3.0 1	3.9 9	0.00	0. 00	26 9	0	18 17	379	140 3	15 66	0	0.00	1.2 1	1. 85	0.171 1	0.16 46	0.00 00		6
15.2	0.0 0	2.48	0.00	0.3 2	1.3 8	17. 7	121	0.3 0	0.0 0	1.5 6	0.0 0	0.00	0.6 5	0.29	3.0 6	9.8 7	0.00	0. 00	26 9	0	18 83	355	102 3	15 73	0	0.00	1.3 2	1. 99	0.174 5	0.16 62	0.00 00		6
15.6	0.0 0	1.97	0.02	0.2 9	1.1 8	15. 0	101	0.3 4	0.0 0	0.8 8	0.0 0	0.00	0.5 1	0.00	2.8 0	5.2 2	0.00	0. 00	20 5	0	17 19	322	106 2	13 55	0	0.00	1.2 9	1. 95	0.169 8	0.19 29	0.00 00		5
15.8	0.0 0	1.78	0.00	0.4 5	1.5 4	17. 9	118	0.2 7	0.2 4	0.5 2	0.0 0	0.00	0.4 4	0.00	3.6 5	5.4 4	0.00	0. 00	26 3	0	22 42	357	125 8	17 33	0	0.00	1.4 6	2. 17	0.190 4	0.20 83	0.00 00		4
16.0	0.0 0	1.71	0.06	0.3 9	1.3 5	16. 1	103	0.4 0	0.4 4	1.0 4	0.0 0	0.00	0.5 2	0.00	2.9 4	4.0 8	0.00	0. 00	21 7	0	18 90	324	108 3	15 58	0	0.00	1.4 8	2. 16	0.173 3	0.16 43	0.00 00		5
16.0	0.0 0	1.58	0.00	0.3 5	1.3 6	14. 8	96	0.4 0	0.6 5	0.6 3	0.0 0	0.00	0.5 9	0.00	3.4 6	5.6 3	0.00	0. 00	21 7	0	20 23	296	102 2	17 42	0	0.00	1.5 2	2. 21	0.183 9	0.21 72	0.00 00		6
16.2	0.0 0	1.91	0.00	0.4 7	0.6 2	6.4	80	0.7 1	0.5 7	0.0 0	0.0 0	0.00	0.7 5	0.00	3.4 9	4.2 0	0.00	0. 53	35 5	0	20 20	301	106 9	16 37	0	0.00	0.5 1	0. 93	0.080 5	0.12 83	0.00 00		6
15.0	0.0 0	1.04	0.00	0.0 3	0.5 0	7.4	63	0.9 9	0.9 7	0.0 0	0.0 0	0.00	0.7 1	0.00	2.0 4	2.3 7	0.00	0. 16	24 8	0	14 84	333	125 6	14 73	0	0.00	0.6 9	1. 15	0.104 2	0.14 52	0.00 00		5

15.1	0.0 0	1.76	0.00	0.1 6	0.7 9	11. 2	98	0.4 7	0.5 7	0.3 9	0.0 0	0.00	0.4 3	0.00	2.4 3	3.0 3	0.00	0. 00	30 5	0	18 28	344	114 4	15 24	0	0.00	0.8 4	1. 34	0.119 2	0.10 66	0.00 00		3
15.1	0.0 0	2.01	0.12	0.2 9	1.0 1	13. 6	96	0.3 8	0.2 5	0.8 0	0.0 0	0.00	0.6 0	0.00	2.5 5	3.5 7	0.00	0. 00	24 3	0	16 62	335	111 6	13 61	0	0.00	1.0 7	1. 64	0.166 0	0.16 20	0.00 00		5
15.1	0.0 0	1.72	0.00	0.2 0	0.8 4	12. 0	85	0.2 4	0.1 5	0.0 0	0.0 0	0.00	0.4 8	0.00	2.4 6	3.3 9	0.00	0. 00	27 4	0	17 06	356	128 7	14 20	0	0.00	0.8 4	1. 35	0.125 9	0.11 77	0.00 00		5
15.3	0.0 0	1.88	0.00	0.2 2	0.9 6	13. 3	99	0.6 2	1.4 7	1.0 4	0.0 0	0.00	0.6 3	0.00	3.0 2	3.6 4	0.00	0. 00	32 4	0	21 02	333	114 6	17 36	0	0.00	0.9 1	1. 44	0.134 2	0.12 24	0.00 00		5
15.5	0.0 0	1.69	0.00	0.1 1	0.8 8	13. 2	85	0.6 3	0.2 6	0.2 9	0.0 0	0.00	0.5 6	0.00	2.1 5	3.0 8	0.00	0. 00	22 7	0	15 38	369	126 7	13 56	0	0.00	0.9 6	1. 50	0.140 9	0.13 04	0.00 00	9. 2	5
15.5	0.0 0	1.98	0.00	0.2 4	1.0 9	15. 0	109	0.3 6	0.0 0	0.5 4	0.0 0	0.00	0.4 3	0.00	3.0 3	3.6 2	0.00	0. 00	31 2	0	21 16	369	115 3	17 27	0	0.00	0.9 9	1. 55	0.144 8	0.13 21	0.00 00		4
15.5	0.0 0	1.86	0.00	0.3 2	1.0 9	14. 3	102	0.2 4	0.2 6	0.2 3	0.0 0	0.00	0.4 3	0.00	3.1 9	3.4 0	0.00	0. 00	32 6	0	21 68	352	121 2	17 41	0	0.00	1.0 0	1. 56	0.141 9	0.12 98	0.00 00		7
15.7	0.0 0	2.07	0.00	0.2 7	1.2 8	16. 9	118	0.1 9	0.0 1	0.0 1	0.0 0	0.00	0.4 5	0.00	3.2 5	4.0 2	0.00	0. 00	33 8	0	22 33	362	111 2	18 21	0	0.00	1.1 8	1. 78	0.167 8	0.15 84	0.00 00		7
15.9	0.0 0	2.22	0.00	0.3 1	1.2 4	16. 3	104	0.3 6	0.0 5	0.0 6	0.0 0	0.00	0.4 3	0.00	2.1 6	4.2 8	0.00	0. 00	24 4	0	16 11	341	108 3	13 88	0	0.00	1.2 6	1. 88	0.167 2	0.15 48	0.00 00		6
14.3	0.0 0	1.41	0.00	0.0 6	0.3 3	5.6	80	0.3 8	0.2 7	0.2 7	0.0 0	0.00	0.3 9	0.00	2.9 5	2.8 8	0.00	0. 00	31 8	0	17 27	333	118 3	14 82	0	0.00	0.4 1	0. 81	0.058 4	0.05 33	0.00 00		6

ANEXO 2

OT DE MUESTREO DE ACEITE DE MOTOR TR-020

 REPORTE DE TRABAJOS EN PROCESO Y PENDIENTES DE EJECUCION												
Supervisor M10: Edilberto Yauri Programación: Pedro Flores Supervisor Stracon GyM:			FECHA: 6/06/2024			TURNO: NOCHE			EJECUTADOS C EN PROCESO IP PENDIENTES YTS			
EQUIPO	MODELO	OT	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	REAL / PROJ.	INICIO	FIN	TIPO DE TRABAJO*	TIEMPO TRANSCURRIDO	TIEMPO PROGR.	TIEMPO ESTIMADO	TORMENTA	ESTADO
CARGUO												
LD-001	994H	4300106643	[SEMANA 22] LD-001: CULMINAR PM 3 + CC Mando de bombas FR + CC Bomba implementos DE-12 + CC Bomba implementos secundaria + BL CAMBIO DE RODAMIENTO MANDO BOMBA POR RECALENTAMIENTO		5/6/2024 10:44	7/6/2024 7:00	PM - Mantenimiento Preventivo	30:51:00	24.0	44.3		IP
LD-002	994K	4100114042	IN INSPECCION GENERAL EN FORMULA + BL CAMBIO DE VALVULA DERIVACION ENFRIAMIENTO ACEITE EJE POSTERIOR POR FALLA		7/6/2024 9:00	7/6/2024 10:00	GR - Reparaciones Correctivos		1.0			YTS
ACARREO												
TR-022	EH4000AC-3	4300106240	[SEMANA 23] TR-022: PM 1 + Monitoreo de condición PM-1 + BL CAMBIO DE PASTILLAS DE FRENO PARQUEO RH POR DESGASTE + EVAL MOTOR		6/6/2024 5:31	-	PM - Mantenimiento Preventivo	12:04:00	12.0	63.0		IP
TR-002	793F	4300106233	[SEMANA 23] TR-002: PM 3 [PM 1200] + BLC LIMPIEZA Y LUBRICACION MANUAL DE LINKS DE SUSPENSION + CC CAMBIO DE NEUMATICO POS 01 Y 02 POR ROTACION		6/6/2024 15:46	7/6/2024 9:46	PM - Mantenimiento Preventivo	1:49:00	18.0	18.0		IP
TR-001	793F	4100114144	EVAL DEL SISTEM A/C INOPERATIVO		6/6/2024 16:25	7/6/2024 0:00	GR - Reparaciones Correctivos	1:13:00		7.6		IP
TR-020	EH4000AC-3	4300106718	TOMAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR- ACEITE CHEVRON - MONITOREO		6/6/2024 21:00	6/6/2024 21:30	MC - Monitoreo de Condiciones		0.5			YTS
TR-028	793F	4300106243	[SEMANA 23] TR-028: PM 2 [PM 600] + FESA BITM6101 - INSP LOBULOS DE EJE DE LEVAS MOTOR C175 CON VIDEOSCOPIA POR HORAS + BL CAMBIO DE MANGUERA LLENADO ACEITE MOTOR POR ROZAMIENTO	296 - 301	7/6/2024 0:00	7/6/2024 14:00	PM - Mantenimiento Preventivo		14.0			YTS
TR-026	793F	4300105596	[SEMANA 23] TR-026: PM 4 + BL CAMBIO DE SELLOS FILTRO CENTRIFUGO MOTOR POR FUGA + BL INSTALACION DE PERNOS EN HOUSING REILLA LEVANTE POR FALTANTE	296 - 306	7/6/2024 8:00	8/6/2024 8:00	PM - Mantenimiento Preventivo		24.0			YTS
PERFORADORAS												
AUXILIARES												
WT-007	CISTERNA_AROCS	4300104222	WT-007: ENVIO DE UNIDAD AREQUIPA + REVISION TECNICA + PM + CALIBRACION DE MOTOR		11/4/2024 15:00	8/6/2024 22:00	PM - Mantenimiento Preventivo	1346:35:00	521.0	1399.0		IP
D2-002	D10T	4300106023	[SEMANA 22] D2-002: PM 3 + CC Motor diesel x horas y cond + CC Bulldozer + CC Tanque de combustible + BLS REP-BARRENADO POR DESGASTE CRITICO DE ALOJAMIENTO RIPPER-FRAME LADO LH POST-INF DE FRAME		31/5/2024 11:04	7/6/2024 20:00	PM - Mantenimiento Preventivo	150:31:00	96.0	176.9		IP
GR-002	24M	4100114141	CC CAMBIO DE NEUMATICO POS 4		6/6/2024 16:26	6/6/2024 22:00	GR - Reparaciones Correctivos	1:09:00		3.6		IP
GR-001	24M	4300105933	[SEMANA 23] GR-001: PM 1 + BL CAMBIO DE FARO TECHO CABINA POR BAJA ILUMINACION + BL CAMBIO DE PERNOS DE BARANDA LATERAL RH POR ROTURA [PM1] [Facilidad: Soldadura]	272 - 275	6/6/2024 22:00	7/6/2024 10:00	PM - Mantenimiento Preventivo		12.0			YTS
TALLER												
STRACON												
RELEVO												
*PROGRAMADO SEGUN PLAN SEMANAL CORRECTIVO NO PROGRAMADO CON IMPACTA LA DISPONIBILIDAD OPORTUNIDAD NO PROGRAMADO QUE NO IMPACTA LA DISPONIBILIDAD												

ANEXO 3

TRABAJOS REALIZADOS, MUESTREO DE ACEITE DE MOTOR TR-020

Supervisor M10: Programación: Supervisor Stracon GYM:		Ever Bazan Tlf: 937449012 Jose Monterola		FECHA: 9/10/2024		TURNO: NOCHE		EJECUTADOS EN PROCESO PENDIENTES		C IP YTS		
EQUIPO	MODELO	OT	DESCRIPCION DEL TRABAJO	FECHA PRIO	INICIO	FIN	TIPO DE TRABAJO	TIEMPO REAL	TIEMPO PRIO	TIEMPO ESTIMADO	TOMAMETA	ESTADO
CAMBIO												
SH-002	EX3600-6	4300112387	IN INSPECCION GENERAL FORMULA 1		9/10/2024 20:29	9/10/2024 21:00	IN - Inspección	0:31:00				C
SH-003	EX3600-6	4300111925	SH-003: PM 1 HITACHI EX3600 MOTOR EN FORMULA + INSPECCION DE EQUIPO EN FORMULA 1		10/10/2024 0:26	10/10/2024 2:07	PM - Mantenimiento Preventivo	1:41:00	2.0			C
ALCAMBIO												
TR-011	793F	4300112317	[SEMANA 41] TR-011: PM 4 CAT 793F [CAMBIO DE VALVULAS Y ACEITE DE MOTOR] + CA CANTORI		8/10/2024 16:58	10/10/2024 0:38	PM - Mantenimiento Preventivo	31:40:00	18.0			C
TR-018	793F	4300112319	[SEMANA 41] TR-018: PM 2 CAT 793F + BL CAMBIO DE MANGUERA DE LUBRICACION REAR AXLE POR FUGA [PM1] [CantIHuddy]+ CAMBIO DE ROTULA DIRECCION POS 3 POR FISURA		9/10/2024 5:08	10/10/2024 3:17	PM - Mantenimiento Preventivo	22:09:00	14.0			C
TR-028	793F		[SEMANA 41] TR-028: CAMBIO DE NEUMATICOS POS 05-06 POR DESGASTE FINAL		9/10/2024 16:03	9/10/2024 20:06	CC - Cambio Componente estrategico (Menor)	4:03:00	3.0			C
TR-001	793F	4100120244	CAMBIO SLACK DELANTERO POR TEMPERATURA ALTA		9/10/2024 21:12	9/10/2024 22:27	GR - Reparaciones Correctivos	1:15:00				C
TR-008	793F	4100120245	REP - FUGA DE COMBUSTIBLE POR TUBERIA DE ALTA PRESION		10/10/2024 2:19	10/10/2024 3:39	GR - Reparaciones Correctivos	1:20:00				C
TR-020	EH4000AC-3	4100120247	BLC MUESTREO DE ACEITE MOTOR [03 muestras]		10/10/2024 4:01	10/10/2024 4:16	GR - Reparaciones Correctivos	0:15:00	0.3			C
REPARACIONES												
DR-001	PV271	4100120248	REG - POR APERTURA LENTO DE RODSUPPORT		10/10/2024 1:00	10/10/2024 2:00	GR - Reparaciones Correctivos	1:00:00				C
DR-004	SmartROC_D63	4100120249	EVAL - BAJA PRESION DE LUBRICACION		10/10/2024 4:20	10/10/2024 4:34	GR - Reparaciones Correctivos	0:14:00				C
AJUSTES												
TALLER												
OTRAS												
STRACON												
CO-875	P450 B6X4		Inspeccion general del equipo		9/10/2024 19:00	9/10/2024 19:30	PM - Mantenimiento Preventivo	12:00:00				C
CO-662	966		Inspeccion General, Engrase de equipo		9/10/2024 19:00	9/10/2024 20:30	PM - Mantenimiento Preventivo	36:00:00				C
CO-449	966		Mantenimiento Programado PM4		9/10/2024 20:10	10/10/2024 5:30	PM - Mantenimiento Preventivo	224:00:00				C
CO-882	FMX 8X4R		Inspeccion General de equipo		9/10/2024 19:00	9/10/2024 20:15	GR - Reparaciones Correctivos	30:00:00				C
CO-536	966		Inspeccion General de equipo		9/10/2024 19:00	9/10/2024 19:33	PM - Mantenimiento Preventivo	13:12:00				C
CO-862	PREMIERTRAK400X		Inspeccion General de equipo		9/10/2024 19:00	9/10/2024 19:21	GR - Reparaciones Correctivos	8:24:00				C
CO-881	FMX 8X4R		Inspeccion General de equipo, Avastecimiento de Adblue		9/10/2024 19:00	9/10/2024 19:49	PM - Mantenimiento Preventivo	19:36:00				C
CO-855	336		Inspeccion General de equipo		9/10/2024 19:00	9/10/2024 19:30	PM - Mantenimiento Preventivo	12:00:00				C
CO-965	336		Inspeccion General de equipo		9/10/2024 19:00	9/10/2024 19:30	PM - Mantenimiento Preventivo	12:00:00				C

ANEXO 4

REPORTE DE LABORATORIO, ACEITE DE MOTOR TR-020



Reporte de Análisis								OBSERVADO		
Fecha del reporte:		15/11/2024		Información del componente						
Cuenta:		HUBBAY PERU S.A.C- MINA		Componente:		MOTOR		Fabricante:		HITACHI
Flota o área:		CAMIONES		Clase de Componente:		MOTOR		Modelo:		EH4000AC-3
Equipo:		TR-020								
OBSERVADO	OBSERVADO	PRECAUCION	OBSERVADO	OBSERVADO	PRECAUCION	OBSERVADO	OBSERVADO	OBSERVADO	OBSERVADO	OBSERVADO
45631	46697	47082	47863	48931	48994	49443	49915	50355		50858
DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB	DELO 400 XLE SB
SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40	SAE 15W-40
13/06/2024	11/07/2024	22/07/2024	15/08/2024	16/09/2024	18/09/2024	2/10/2024	17/10/2024	31/10/2024		14/11/2024
13/06/2024	11/07/2024	23/07/2024	16/08/2024	17/09/2024	19/09/2024	3/10/2024	17/10/2024	31/10/2024		15/11/2024
52509	53055	53293	53820	54370	54413	54699	54985	55288		55589
234	261	499	527	550	593	286	572	303		604
NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO		SI
SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI		SI
PM1	PM1	PM3	PM2	PM1	PM1	PM2	PM1	PM3		PM1
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
1.13	1.62	2.09	1.73	2.17	2.21	1.34	1.88	1.18		1.97
0.72	1.02	1.40	1.11	1.46	1.52	0.84	1.26	0.70		1.33
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
9	7	4	3	4	6	3	6	6		5
0.103	0.150	0.181	0.153	0.190	0.184	0.119	0.167	0.105		0.189
0.088	0.139	0.174	0.144	0.208	0.217	0.107	0.155	0.098		0.189
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
8.1	8.1	7.7	8.4	8.1	8.0	8.4	8.0	7.8		7.9
13.9	14.8	15.2	15.1	15.8	16.0	15.1	15.9	14.7		15.7
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.8	2.2	1.0		2.6
0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.2	0.3	0.0		0.5
0.7	0.9	1.4	1.1	1.5	1.4	0.8	1.2	0.5		1.6
10.2	14.1	16.7	14.8	17.9	14.8	11.2	16.3	8.3		19.7
0.2	0.0	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.7		0.1
0.1	0.6	0.3	0.4	0.2	0.7	0.6	0.2	0.9		0.1
1.4	1.4	1.3	1.1	0.5	0.6	0.4	1.4	0.7		1.1
0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
0.4	0.5	0.6	0.6	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6		0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
2.7	3.0	3.3	3.5	3.7	3.5	2.4	2.2	2.1		3.5
3.7	3.9	3.7	3.8	5.4	5.6	3.0	4.3	3.0		4.1
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
298	282	246	281	263	217	305	244	201		282
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
76	106	100	111	118	96	98	104	67		126
1669	1632	1733	1876	2242	2023	1828	1611	1314		2031
329.91	335.97	316.07	327.75	356.86	295.7	343.9	341.12	366.75		340.97
971	1057	1112	1051	1258	1022	1144	1083	1331		1135
1409	1390	1481	1558	1733	1742	1524	1388	1367		1621

ANEXO 5

COSTO HORARIO CAMIÓN MINERO HITACHI EH4000AC-3 TR-020

COSTO HORARIO DE EQUIPO							
Descripción							
Clave:					Unidad:	Hora	
Camion fierro de carretera Hitachi EH4000AC-3 de 2500 hp 384ton					Fecha:	15/11/2024	
Datos generales:							
Vad= Valor de adquisición=		3500000	Pnom= Potencia nominal=Hp		2500		
Pn= Valor de llantas=		210000	Tipo de combustible:	Diesel			
Pa=Valor de piezas especiales=		0	Pc= Precio del combustible=Its		3.76		
Vm= Valor neto=Vad-Pn-Pa=		3290000					
r= Factor de rescate=		20%					
Vr= Valor de rescate= Vm*r		658000					
i= Tasa de interés=		6.95%					
s= Prima de seguros=		2%	Pac= Precio del aceite=Its		2.94		
KO= Factor de mantenimiento=		0.88	Vn= Vida económica de llantas=hrs		2000		
Ve= Vida económica= Hrs		18000					
Va= Vida económica de piezas especiales=		0	Gh= Cantidad de combustible=Its/hr		539.9		
Hea= Tiempo trabajado por año=hrs		2000	Ah= Cantidad de aceite=Its/hr		1.7		
Clave	Fórmula	Operaciones	Operación	Espera (%)	Total de Espera	%Reserva	Total Reserva
Cargos Fijos							
Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$		146.2222222				
Inversión:	$Im = [(Vm + Vr) / 2Hea] i =$		68.60				
Seguros:	$Sm = [(Vm + Vr) / 2Hea] s =$		19.74				
Mantenimiento:	$Mn = Ko * D =$		128.6755556				
		Total de cargos fijos:	363.23		0		0
Consumo							
COMBUSTIBLES (C0)	$Co = Gh * Pc =$		2030.024				
LUBRICANTES (Lb)	$Lb = Ah * Pac =$		4.998				
LLANTAS (N)	$N = Pn / Vn =$		105				
		Total de consumos:	2,140.02		0		0
Operación							
Sn= Salario de tabulado=	45						
Fsr= Factor de salario real=	1						
Sr= Salario real de operación= Sn*Frs=	45						
Ht= Horas efectivas por turno de trabajo	10						
PO=Presio operacional	$PO = Sr / Ht =$		4.5				
		Total de Operación=	4.5		0		0
Costo Horario=							
			2,507.76		0		