

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA, INFORMATICA  
Y MECANICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA**



## **TESIS**

**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN LA  
TRIBOLOGIA DE LUBRICANTE EN MOTORES DIESEL MITSUBISHI MODELO  
4M50 DE 174 HP PARA UNA ALTITUD DE 4100 MSNM”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Vega Centeno Lima, Luis Jhojan**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO MECANICO**

**ASESOR:**

**Mg. Sequeiros Pérez, Efraín Walter**

**CUSCO –PERU**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN LA TRIBOLOGIA DE LUBRICANTE EN MOTORES DIESEL MITSUBISHI MODELO 4N50 DE 174 HP PARA UNA ALTITUD DE 4100 MSNM"

presentado por: **Luis Jhojan Vega Centeno Lima** con DNI Nro.: **41956109** presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de **Ingeniero Mecánico**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **02** veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **5**%.

**Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis**

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, **21** de **MARZO** de 20**24**

  
Firma  
Post firma **Mg. Leguina Pérez Epi. Walter**  
Nro. de DNI **53853221**  
ORCID del Asesor **0000-0002-0645-683X**

## Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid: 27259 : 341601809**

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MOTORES MITSUBISHI FUSO 4M50 BASADO EN LA**

AUTOR

**Luis Jhojan Vega Centeno Lima**

RECUENTO DE PALABRAS

**20163 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**108140 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**205 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**18.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 21, 2024 5:32 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 21, 2024 5:34 PM GMT-5**

### ● 5% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material bibliográfico
- Material citado
- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

## **PRESENTACIÓN**

**Señor.**

Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica.

Señores docentes miembros del jurado.

En cumplimiento con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos vigentes regidas en nuestra casa de estudios, para optar al título de Ingeniero Mecánico, doy a conocer el trabajo de investigación titulado:

**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA TRIBOLOGÍA DE LUBRICANTE EN MOTORES DIESEL MITSUBISHI MODELO 4M50 DE 174 HP PARA UNA ALTITUD DE 4100 MSNM.”**

**Bach: Luis Jhojan Vega Centeno  
Lima.**

## **DEDICATORIA:**

A mi querida Familia que con su enorme amor sabiduría, respeto y ejemplo, supieron encaminar mi camino, y darme la oportunidad de ser una persona de bien.

A mi madre Celia Lima Gallegos y A mi padre Oscar Vega Centeno Jiménez.

Por su incansable apoyo, aliento y fortaleza en todos los momentos de mi vida, así como en esta.

A mi hermano Oscar por el Apoyo incondicional y consejos que me servirán para alcanzar mis objetivos y metas.

A todas las personas que confiaron en mí y me apoyaron a crecer como persona y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme la oportunidad de lograr mi objetivo y los que vendrán  
A mis padres, hermano y amigos que me brindaron su apoyo incondicional.

Mi sincero y profundo agradecimiento al Mgt. Efraín Walter Sequeiros Pérez  
asesor de tesis y a los ingenieros Percy Rueda Puelles y Mgt. Arturo Macedo Silva, por  
el apoyo y asesoramiento en el desarrollo de mi tesis.

Mi agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica por  
ser parte de nuestra formación académica.

Bach. Luis Jhojan Vega Centeno Lima.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente tesis de investigación tecnológica, está enfocado principalmente en la mejora continua y actualización en los procesos de gestión de mantenimiento en maquinaria y equipos móviles. El cual desarrolla una sistematizada recopilación de reportes emitidos del laboratorio de fluidos, donde se obtiene una serie de datos sobre la salud, calidad y componentes del aceite usado en motores Diesel Mitsubishi M450 de 174hp, Se realizo el trabajo de recopilación de la información relacionada con el análisis de lubricantes de motores diésel, para obtener los factores que incidirán en la degradación y vida útil del lubricante en referencia a la tesis, artículos científicos libros y pág. web

Donde se recopilo muestras siguiendo el proceso de muestreo determinando kilómetros de recorrido, el lubricante se deposita en un recipiente, para luego ser enviadas al laboratorio, realizando el proceso de análisis de propiedades químicas, luego de proceder con la interpretación de resultados se evalúa para diseñar un nuevo plan de mantenimiento, recomendando las variaciones de lubricantes y tiempos de cambio así también se recalculara los nuevos presupuestos de costos que variaran al nuevo plan de mantenimiento preventivo.

## RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de investigación de tesis constituye la interpretación y evaluación de los lubricantes de motor diésel 4M50, de 174 hp analizados por el laboratorio y planteado a través de la tribología del lubricante fricción, desgaste y lubricación.

En el capítulo I Generalidades comprende el planteamiento metodológico como la matriz de consistencia exponiendo el problema central, objetivos, hipótesis y variables. desarrollando en este capítulo la troncal de la presente tesis.

En el capítulo II desarrolla todo lo concerniente al marco teórico un repaso simple sobre las características generales de lubricantes y desarrollo completo sobre teoría de motores como su clasificación.

En el capítulo III se explica sobre análisis y tendencias del lubricante, así como la adaptación a nuestro tema de estudio.

En el capítulo IV se explica el análisis de aceite, tendencias en la fabricación de estos.

En el capítulo V exponemos sobre el nuevo plan de mantenimiento y adaptación a las unidades en estudio.

En el capítulo VI se elabora el plan económico basado en los resultados y análisis de las muestras del lubricante, con hincapié en una mejora del lubricante usado con respecto a la operación donde realizan el trabajo dichos motores.

En el capítulo VII se expone las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

Palabras Clave: “Mantenimiento, Predictivo, Tribología, Lubricante, Fricción”



## ABSTRACT

The development of this thesis research work constitutes the interpretation and evaluation of the 4m50 diésel Engine lubricants, of 174 hp analyzed by the laboratory and raised through the tribology of friction lubricant, wear and lubricación.

In chapter I it includes the methodological approach as the consistency matrix exposing the central problem, objectives, hypotheses and variables. developing in this chapter the core of this thesis.

In chapter II, everything related to the theoretical framework is developed, a simple review of the general characteristics of lubricants and a complete development of engine theory such as its classification.

In chapter III, the theory of tribology is explained, as well as the adaptation to our topic of study "Lubricant Tribology".

Chapter IV explains the situational analysis or real state how the engines of the vehicles under study were found, why it is the concern to provide or improve a new maintenance plan, based on the failures found in the operation of the engines.

In chapter V we expose extensively about lubricants, classification, fundamental characteristics and better adaptation to equipment and machines such as diésel combustion engines.

In chapter VI, the information of the samples sent to the laboratory is collected, it is analyzed graphically and then an interpretation of these results is made based on the theory studied and experience from similar studies.

In chapter VII, a new maintenance plan is elaborated based on the results and analysis of the lubricant samples, with emphasis on an improvement of the lubricant used with respect to the operation where these engines perform the work.

Keywords: “maintenance, predictive, tribology, lubricant, friction”

<b>ÍNDICE</b>	
CONTENIDO	
PRESENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA: .....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
INTRODUCCIÓN .....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT .....	VII
ÍNDICE .....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIX
CAPITULO I .....	25
1.-GENERALIDADES .....	25
1.2.- DESARROLLO DEL PROBLEMA.....	25
1.2.2.- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	25
1.2.3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	26
1.3.- EL PROBLEMA GENERAL. ....	26
1.3.1.- PROBLEMAS ESPECIFICOS. – .....	26
1.4.- JUSTIFICACION .....	26
1.5.- OBJETIVOS. ....	27
1.5.1.- OBJETIVO GENERAL. ....	27
1.5.2.- OBJETIVO ESPECIFICO. ....	27
1.6.- HIPOTESIS.....	27
1.6.1.-HIPOTESIS GENERAL. – .....	27
1.6.2.- HIPÓTESIS SECUNDARIAS. - .....	27
1.7.- VARIABLES .....	28
1.7.1.- VARIABLE DEPENDIENTE .....	28
1.7.2.- VARIABLES INDEPENDIENTES. - .....	28
1.8.- METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	28
1.8.1.- TIPO, DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	28
1.9.- ALCANCES Y LIMITACIONES. - .....	29
1.10.- DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	29
2.- POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
2.1. POBLACIÓN:.....	31

2.2. MUESTRA. - .....	31
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD. ....	34
2.3.1. TÉCNICAS. ....	34
2.3.2. ENCUESTA. ....	34
2.3.3. OBSERVACIÓN DIRECTA: .....	34
2.3.4. DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	35
3. FICHA DE OBSERVACIÓN: .....	35
3.1. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD. ....	35
3.2. VALIDEZ: .....	35
3.3. CONFIABILIDAD: .....	35
3.4. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS. ....	35
1.11.- BASES TEORICAS. – .....	36
1.11.1.-ESTADO DEL ARTE .....	36
CAPITULO II.....	42
2. MARCO TEORICO.....	42
2.1.- ACEITES LUBRICANTE.....	42
2.1.1.-LA IMPORTANCIA DE UNA BUENA LUBRICACIÓN .....	42
2.1.2.- COMPOSICIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE .....	42
2.1.3.- ACEITE VEGETAL Y ANIMAL .....	42
2.1.4.- ACEITE MINERAL .....	42
2.1.5.- ACEITE SINTÉTICO .....	43
2.2.- MANUFACTURA DEL ACEITE LUBRICANTE.....	43
2.2.1.- ADITIVOS.....	43
2.3.- PROPIEDADES DE LOS ACEITES LUBRICANTES .....	45
2.3.1.- ÍNDICE DE VISCOSIDAD.....	45
2.3.2.- PUNTO DE FLUIDEZ .....	45
2.3.3.- RESIDUO DE CARBONO.....	45
2.3.4.- RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN .....	45
2.3.5.- RESISTENCIA A LA CORROSIÓN .....	46
2.3.6.- DETERGENCIA.....	46
2.3.7.- DISPERSIÓN .....	46
2.3.8.- ESTABILIDAD DE LA ESPUMA.....	47

2.3.9.- CARACTERÍSTICAS DE PRESIÓN EXTREMA .....	47
2.3.10.- REACCIÓN CON EL AGUA .....	47
2.3.11.- HOMOGENEIDAD.....	48
2.2.12.- COMPATIBILIDAD .....	48
2.3.- GENERALIDADES DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA. ....	48
2.3.1.- CLASIFICACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA. ....	48
2.3.2.- CLASIFICACIÓN DE MOTOR SEGÚN EL TIPO DE COMBUSTIBLE.....	49
2.3.2.2.- MOTORES A GASOLINA. ....	49
2.3.3.- CLASIFICACIÓN DE MOTOR SEGÚN EL CICLO OPERATIVO.....	49
2.3.3.2.MOTOR DE 4 TIEMPOS .....	50
2.3.3.4. MOTOR TIPO (V).....	51
2.3.4.2. COMPRESIÓN .....	52
2.3.4.3. EXPLOSIÓN O IGNICIÓN.....	52
2.3.4.4. ESCAPE.....	52
2.4.2. CONTAMINA MENOS. ....	52
2.4.3. MOTOR MÁS RESISTENTE .....	52
2.4.4. GRAN CONFIABILIDAD. ....	53
2.4.6 . PARTES PRINCIPALES DE MOTOR DIESEL DE 4 TIEMPOS.....	53
2.7. SISTEMA DE LUBRICACION DE MOTORES DIESEL.....	54
2.7.1. LA BOMBA DE ACEITE. ....	56
2.8.PARTES DEL SISTEMA DE ACEITE.....	57
2.9.1.CÁRTER DEL MOTOR.....	58
2.9.2.BOMBA DE BARRIDO.....	58
2.9.10.BOMBA DE ACEITE DEL MOTOR DIESEL.....	58
2.9.11.BOMBA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DIÉSEL.....	59
2.9.12.ENFRIADORES DE ACEITE DE MOTOR.....	59
2.9.13.FILTRO DE ACEITE DE MOTOR.....	59
2.9.14.FILTRO CENTRIFUGO DE ACEITE.....	60
2.10.MANTENIMIENTO AL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	60
2.10.1. FALLAS COMUNES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	61
2.11.TRIBOLOGIA DEL LUBRICANTE EN MOTORES DIESEL.....	61
2.11.1. ¿QUÉ ES TRIBOLOGÍA? .....	61
2.11.2. ANALISIS OPERACIONAL.....	62

2.11.3. ENFOQUE .....	62
2.11.4. LA CADENA TRIBOLOGICA DEL DESGASTE.....	63
2.12.FUNDAMENTOS TEORICOS .....	64
2.13. ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA LUBRICACIÓN.....	64
2.13.1.FRICCIÓN. ....	64
2.14. TIPOS DE LUBRICANTES.....	64
2.14.1. REGÍMENES DE LUBRICACIÓN .....	65
2.14.2. LA LUBRICACIÓN DE LÍMITE O FRONTERA. ....	65
2.14.3. LA LUBRICACIÓN DE PELÍCULA MIXTA.....	65
2.14.4. LA LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA .....	65
2.14.5. DESGASTE. ....	65
2.14.6. VISCOSIDAD.....	66
2.15. FALLOS Y MODOS DE FALLO EN MATERIALES.....	66
2.15.1. LOS FALLOS Y MODOS DE FALLO.....	66
2.15.2. ¿QUÉ SIGNIFICA MODO DE FALLO O FALLO DE MATERIAL? .....	66
2.16. FALLAS ASOCIADAS A LA LUBRICACIÓN. ....	66
2.17. FALLA POR DESGASTE.....	67
2.17.1. DESGASTE ABRASIVO: .....	67
2.22.2. DESGASTE ADHESIVO: .....	68
2.22.3. FALLA POR FATIGA SUPERFICIAL .....	69
2.22.4 CORROSIÓN.....	69
2.22.4.1. CORROSIÓN HÚMEDA. ....	69
2.22.4.2. CORROSIÓN POR FRICCIÓN. ....	69
2.22.5. EROSIÓN.....	70
2.22.6. CAVITACIÓN.....	70
2.23. ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DIÉSEL. ....	71
2.23.1 COMPOSICIÓN DE LOS LUBRICANTES.....	71
2.23.2. ACEITE BASE. ....	71
2.23.4. ADITIVOS.....	72
2.24. CLASIFICACIÓN DE LUBRICANTES PARA MOTORES DIÉSEL. ....	72
2.25. CLASIFICACIÓN DE VISCOSIDAD SAE. ....	72
2.26. CLASIFICACION API.....	73
2.27. CLASIFICACIÓN API DE ACEITES BASE AMERICAN PETROLEUM	

2.28. PROPIEDADES PRINCIPALES DE LOS ACEITES LUBRICANTES.....	74
2.28.1. VISCOSIDAD.....	75
2.28.2. BASICIDAD Y ACIDEZ.....	77
2.28.3. DETERGENCIA Y DISPERSIÓN.....	77
2.28.5. PUNTO DE FLOCULACIÓN.....	78
2.28.6. PUNTO DE INFLAMACIÓN Y PUNTO DE IGNICIÓN.....	79
2.28.7. RIGIDEZ DIELECTRICA.....	80
2.28.8. NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN.....	80
2.28.9. PESO ESPECÍFICO.....	80
2.28.10. TENDENCIA A LA CORROSIÓN.....	80
2.28.11. HUMEDAD.....	81
2.28.12. COLOR.....	81
2.28.13. PUNTO DE ANILINA.....	82
2.28.14. ESTABILIDAD TÉRMICA.....	82
2.29. ANÁLISIS DE ACEITE.....	82
2.29.1. LUBRICACIÓN LÍMITE Y MIXTA.....	83
2.30. EL ROL DEL ANÁLISIS DE ACEITE.....	84
2.31. ESPECTROSCOPIA ELEMENTAL.....	85
2.32. VISCOSIDAD.....	86
2.33. NÚMERO ÁCIDO.....	87
2.34. NÚMERO BÁSICO.....	87
2.35. CONTAMINACIÓN POR AGUA.....	88
2.36. CONTEO DE PARTÍCULAS.....	88
2.37. BLOQUEO DE LUZ.....	89
2.38. LA FERROGRA A ANALÍTICA.....	89
2.39. LÍMITES DE CONDICIÓN DEL LUBRICANTE.....	90
2.39.1. LÍMITES OBJETIVOS O NORMALES.....	90
2.39.2. LÍMITES DE PRECAUCIÓN.....	90
2.39.3. LÍMITES DE CRÍTICOS O ALERTA.....	90
2.39.4. DETERMINACIÓN DE LÍMITES Y TASA DE CAMBIO.....	91
2.39.5. LÍMITES ESTADÍSTICOS.....	91
2.39.6. NORMALIZACIÓN DE DATOS.....	92

2.39.7 REGRESIÓN LINEAL. ....	94
2.39.8. MÍNIMOS CUADRADOS. ....	94
2.40. MANTENIMIENTO EN MOTORES DIESEL:.....	94
2.40.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	95
2.40.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO X MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD. ....	95
2.40.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO. ....	95
2.40.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO VS. MANTENIMIENTO PREVENTIVO... ..	96
2.40.5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO VS. MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN .....	96
2.40.6. MANTENIMIENTO CORRECTIVO. ....	97
2.40.7. MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA. ....	97
2.40.8. MANTENIMIENTO PROACTIVO. ....	98
2.40.9. MANTENIMIENTO PROACTIVO EN MOTORES DIÉSEL.....	98
2.41. UNIDAD DE PRODUCCIÓN.....	98
2.42. UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....	99
2.43. SISTEMA INTEGRAL DE MANTENIMIENTO. ....	99
2.44. DISPONIBILIDAD.....	99
2.45. CONFIABILIDAD.....	100
2.46. MANTENIBILIDAD .....	100
2.47. MODELO DE WEIBULL. ....	101
2.48. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL. ....	102
CAPITULO III.....	105
3. ANALISIS Y TENDENCIAS DE LUBRICANTES.....	105
3.1. OBTENCIÓN DE LOS ACEITES: .....	105
3.2. CLASIFICACIONES Y ESPECIFICACIONES DE LOS ACEITES DE MOTOR. ....	109
3.3. FUNDAMENTOS SOBRE LUBRICACION.....	110
3.3.1. PELÍCULA LUBRICANTE .....	110
3.3.2. CALCULO DEL TIPO DE PELICULA LUBRICANTE. ....	110
3.3.3. COEFICIENTES DE FRICCIÓN .....	110
3.3.4. TIPOS DE LUBRICACION .....	111
3.4.3.1 LUBRICACIÓN POR BARBOTEÓ .....	111
3.4.3.2 LUBRICACIÓN FORZADA POR PRESIÓN .....	112

3.4.3.1.1 LUBRICACIÓN FORZADA POR CÁRTER HÚMEDO.....	112
3.4.3.1.1.2 REFRIGERACIÓN DEL PISTON.....	115
3.4.3.1.2 LUBRICACIÓN FORZADA POR CÁRTER SECO.....	116
CAPITULO IV.....	118
4.1 INTRODUCCIÓN.....	118
4.2 ANÁLISIS DEL ACEITE.....	118
4.2.1 . VARIABLES QUE AFECTAN EL DESGASTE.....	119
4.2.2 TIPOS DE ANÁLISIS.....	119
4.2.3. DETECCIÓN DE ELEMENTOS DE DESGASTE.....	119
4.2.4 ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL ACEITE.....	120
4.3 PRUEBAS FÍSICAS.....	120
4.3.1. AGUA.....	120
4.3.2. COMBUSTIBLE.....	121
4.3.3. GLICOL.....	121
4.3.4. ANALISIS TBN (NUMERO BÁSICO TOTAL).....	121
4.3.5. CONTEO DE PARTICULAS.....	121
4.3.6. VISCOSIDAD.....	122
4.3.7. ÍNDICE PQ.....	122
4.3.8. HOJA DE RESULTADOS.....	122
4.4. TRABAJO REALIZADO EN LABORATORIO DEL ANÁLISIS DE ACEITE.....	123
4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	124
4.5.1. POBLACIÓN:.....	124
4.5.2. MUESTRA. -.....	124
4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	124
4.6.1. TÉCNICAS.....	124
4.6.2. ENCUESTA.....	124
4.6.3. OBSERVACIÓN DIRECTA:.....	124
4.6.4. DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	124
4.6.5 FICHA DE OBSERVACIÓN:.....	125
4.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	125
4.9 ASPECTOS ÉTICOS DEL LABORATORIO SOS FERREYROS.....	129



4.9.1 CONFIDENCIALIDAD: .....	129
4.9.2. DERECHOS DEL AUTOR. ....	129
4.9.7. MUESTREO Y DATOS: .....	130
4.10. MUESTREO DE DATOS DE MOTORES .....	130
4.11. COMPORTAMIENTO FISICOQUÍMICO DEL ACEITE.....	134
4.11.1 VALORES OBTENIDOS DE HOLLÍN.....	134
4.11.2 VALORES OBTENIDOS DE OXIDACIÓN.....	136
4.11.3 VALORES OBTENIDOS DE NITRACIÓN .....	137
4.11. VALORES OBTENIDOS DE SULFATACIÓN.....	140
4.11.5 VALORES OBTENIDOS DE VISCOSIDAD .....	142
4.12. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS MINERALES.....	149
4.12.1. ANALISIS DE ELEMENTOS ADITIVOS DEL LUBRICANTE: CALCIO (Ca), FOSFORO (P), ZING (Zn), MAGNESIO (Mg).....	149
4.12.1.1. ANALISIS DE MOLIBDENO (Mo) .....	154
4.12.1.2. ANALISIS DE BORO (B).....	155
4.12.1.3. ANALISIS DE ELEMENTOS DE DESGASTE METÁLICOS EN EL MOTOR Cu, Fe, Cr, Al, Pb, Sn, Si. ....	156
4.12.1.4. ANÁLISIS DE ELEMENTO Cu. ....	157
5.13.2.2. ANALISIS DE ELEMENTO HIERRO Fe.....	158
5.13.2.3. ANALISIS DE ELEMENTO CROMO Cr. ....	160
5.13.2.4. ANALISIS DE ELEMENTO ALUMINIO Al.....	161
5.13.2.5. ANALISIS DE ELEMENTO PLOMO Pb.....	162
5.13.2.6. ANALISIS DE ELEMENTO SILICIO Si .....	163
5.13.2.7. ANALISIS DE ELEMENTO ESTAÑO Sn .....	164
CAPITULO V .....	166
5. ELABORACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	166
5.1 LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	166
5.2 .LA NECESIDAD DE ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO.....	166
5.3. EVITAR ALTOS COSTOS EN REPARACIONES CORRECTIVAS.....	166
5.9 LA PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN POR UN MAL MANTENIMIENTO.....	167
5.10. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	168
5.11 PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. – .....	168
CAPITULO VI.....	173
6.1.- ANALISIS ECONOMICO: .....	173

7.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	176
8.- BIBLIOGRAFÍA .....	178
ANEXOS.....	180
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	180

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Denominación de códigos por motor.....	32
Tabla 2 Datos motor A.....	32
Tabla 3 Características motor B.....	33
Tabla 4 Datos motor C.....	33
Tabla 5 Datos tabla C*.....	34
Tabla 6 Tipos genericos asociados al motor.....	67
Tabla 7 BN del aceite nuevo del motor.....	88
Tabla 8 Limites estadísticos de desviación estándar.....	92
Tabla 9 Distribución de probabilidad para de cálculo de confiabilidad.....	101
Tabla 10 propiedades y características de los hidrocarburos.....	105
Tabla 11 Designación de códigos de motor.....	130
Tabla 12 Codificación para motor A.....	130
Tabla 13 Codificación para motor B.....	131
Tabla 14 Codificación motor C.....	131
Tabla 15 Codificación motor C*.....	132
Tabla 16 valores obtenidos para hollín.....	134
Tabla 17 Valores obtenidos de Oxidación.....	136
Tabla 18 Incremento de oxidación.....	136
Tabla 19 Valores obtenidos de sulfatación.....	140
Tabla 20 Valores obtenidos de viscosidad.....	142
Tabla 21 Valores obtenidos PQI.....	144
Tabla 22 Relación entre ICP y PQI.....	146
Tabla 23 Valores obtenidos de Calcio.....	150
Tabla 24 Muestreo aditivo fosforo.....	150
Tabla 25 Muestreo aditivo zinc.....	151
Tabla 26 Muestreo aditivo Magnesio.....	152
Tabla 27 Muestreo del molibdeno.....	154
Tabla 28 Muestreo del boro.....	155
Tabla 29 Muestreo del cobre.....	157
Tabla 30 Muestreo de hierro.....	158
Tabla 31 Muestreo de cromo.....	160
Tabla 32 Muestreo del aluminio.....	161

Tabla 33 Tendencia del aluminio.....	161
Tabla 34 Muestreo de plomo .....	162
Tabla 35 Muestreo de silicio.....	163
Tabla 36 Muestreo de estaño .....	164
Tabla 37 Plan de mantenimiento original cada 50000 km.....	168
tabla 38 Plan de mantenimiento propuesta 1 .....	168
Tabla 39 Propuesta 2 CADA 10000 KM.....	170
Tabla 40 Plan de mantenimiento original .....	173
Tabla 41 Plan de mantenimiento opción 2.....	174
Tabla 42 Cuadro comparativo de mantenimientos .....	174

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Imagen de la zona de estudio.....	30
Figura 2 Ficha técnica motor Mitsubishi 4M50.....	30
Figura 3 Ficha técnica camión Mitsubishi Motor 4M50 .....	31
Figura 4 Aditivos comunes usados en los lubricantes .....	44
Figura 5 Resultados de una prueba de corrosión Macul .....	46
Figura 6 Valores de dispersión de aceite usado .....	47
Figura 7 Clasificación de motores de combustión interna.....	48
Figura 8 Tiempos de combustión del motor .....	50
Figura 9 Ciclos de combustión del motor .....	51
Figura 10 Sistema de lubricación del motor 4M50 Mitsubishi.....	55
Figura 11 Bomba de aceite motor Mitsubishi 4M50 .....	56
Figura 12 Bomba rotatoria motor Mitsubishi .....	56
Figura 13 Partes del sistema de lubricación del motor .....	57
Figura 14 Carter del motor Mitsubishi 4M50 .....	58
Figura 15 Partes de la bomba de aceite.....	59
Figura 16 Filtro de aceite de motor .....	60
Figura 17 Frotamiento y rozamiento de un pistón .....	62
Figura 18 Cadena tribológica del desgaste .....	63
Figura 19 Pruebas estándares ASTM para investigaciones tribológicas .....	64
Figura 20 Tabla del desgaste adhesivo .....	68
Figura 21 Causa del desgaste adhesivo.....	68
Figura 22 Mecanismo de desgaste por corrosión.....	69
Figura 23 Mecanismo de desgaste por erosión .....	70
Figura 24 Mecanismo por desgaste por cavitación.....	71
Figura 25 Clasificación SAE j-300 .....	73
Figura 26 Desarrollo tecnologico de lubricantes .....	74
Figura 27 Relación de viscosidad entre la actual y la antigua .....	76
Figura 28 Máquina para verificar la viscosidad.....	76
Figura 29 Viscosidad para motore diésel.....	76
Figura 30 Propiedades de los aceites lubricantes.....	78

Figura 31 Equipo de floculación.....	78
Figura 32 Aparato para verificar los puntos de inflamación en aceites.....	79
Figura 33 Equipo empleado para medir el porcentaje de azufre .....	80
Figura 34 Desgaste abrasivo .....	84
Figura 35 Análisis de elementos de desgaste.....	85
Figura 36 Ferrografía analítico convencional.....	89
Figura 37 Distribución de Weibull .....	103
Figura 38 Esquema de destilación atmosférica del crudo del petróleo.....	106
Figura 39 Extracción con disolventes, fin de proceso .....	107
Figura 40 Esquema del proceso hidroacabado.....	108
Figura 41 Desparafinado con disolventes .....	109
Figura 42 Clasificación del aceite según la norma SAE J-300.....	110
Figura 43 Lubricación por barboteo .....	112
Figura 44 Circuito de lubricacion vista lateral.....	113
Figura 45 Circuito de lubricación vist frontal.....	113
Figura 46 Diagrama de flujo de circuito .....	114
Figura 47 Circuito de aceite dentro del piston .....	115
Figura 48 subida del aceite hacia el pistón .....	116
Figura 49 Lubricación forzada por carter seco .....	117
Figura 50 Recolección de muestra del aceite.....	118
Figura 51 diagrama de proceso de análisis .....	119
Figura 52 Equipo de plasma IPC .....	120
Figura 53 Equipo de conteo de partículas.....	121
Figura 54 Equipo de medición de viscosidad .....	122
Figura 55 Conteo de partículas .....	122
Figura 56 Reporte de parámetros de degradación.....	133
Figura 57 Incremento del hollín.....	134
Figura 58 Tendencia del hollín .....	134
Figura 59 Aceite mineral promedio (A1,B1,C1) vs sintético .....	135
Figura 60 Aceite mineral promedio (A1,B1.C1) Vs semisintético.....	137
Figura 61 Valores obtenidos de nitración .....	137
Figura 62 Incremento a la nitración .....	138
Figura 63 Tendencia a la nitración.....	138
Figura 64 Valores obtenidos de nitracion .....	139

Figura 65 Incremento de sulfatación.....	140
Figura 66 Tendencia de sulfatación .....	140
Figura 67 Aceite mineral promedio (A1, B1, C1) Vs semisintético.....	141
Figura 68 decremento de viscosidad.....	142
Figura 69 Decremento de viscosidad al 100C° .....	143
Figura 70 Aceite mineral promedio (A1, B1, C1) Vs viscosidad cSt A 100°C.....	144
Figura 71 Tendencia PQI.....	145
Figura 72 Tendencia PQI.....	145
Figura 73 Aceite mineral promedio (A1, B1, C1) sintético análisis PQI .....	147
Figura 74 Desgaste normal niveles bajos de PQI y Fe .....	147
Figura 75 Desgaste por fatiga con incremento de PQI pero estable en Fe .....	148
Figura 76 desgaste acelerado con incremento de PQI y Fe .....	148
Figura 77 Tendencia de calcio .....	150
Figura 78 tendencia de fosforo .....	151
Figura 79 Tendencia del zinc .....	152
Figura 80 Tendencia del magnesio .....	153
Figura 81 Tendencia del molibdeno .....	155
Figura 82 Tendencia del boro .....	156
Figura 83 Tendencia del cobre.....	157
Figura 84 Tendencia de hierro .....	159
Figura 85 Tendencia del cromo .....	160
Figura 86 Tendencia del plomo .....	162
Figura 87 Tendencia de silicio.....	163
Figura 88 Tendencia del estaño .....	165

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Abrasión.** Es el desgaste de una superficie, producido por un rayado excesivo.

**Absorción.** Es la adhesión de un cuerpo otro.

**Aceite.** Un líquido grasoso y untuoso de origen animal, vegetal o sintético.

**Aceite básico.** La base fluida de un aceite.

**Aceite compuesto.** Un aceite de origen de petróleo que se han añadido otras parafinas o aceites sintéticos

**Aceite mineral.** de la base del petróleo o de una fuente mineral.

**Aceite multigrado.** aceite de más de un grado en la escala del SAE.

**Acido.** Cualquier sustancia que contiene hidrogeno en combinación de un metal o radical no metálico

**ASTM.** American Society For Testing Of Materials, desarrolla los estándares de calidad de los materiales y métodos de prueba.

**Base.** Todo elemento que neutraliza los ácidos.

**Desgaste abrasivo.** Cuando se generan surcos en superficies más blandas ocasionadas por la fricción de dos elementos.

**Desgaste adhesivo.** Conocido como escoriado, sucede cuando elementos que se desprenden de un elemento se adhieren a otro por desgaste o fricción.

**Desgaste por fatiga.** Es la formación de grietas en la superficie

**Detergente.** propiedad de un aceite de mantener insoluble al material en suspensión para evitar que se formen depósitos

**Erosión.** La remoción progresiva de la superficie de la maquinaria por cavitación

**Ferrografía.** un método para comprobar la salud de la maquinaria

**Fricción.** fuerza de resistencia de dos elementos metálicos a moverse con relación a otros.

**Grado de viscosidad.** Algún número que caracterizan a los lubricantes

**Índice de viscosidad.** Alguna variación del grado de viscosidad en los aceites debido al incremento de la temperatura.

**Lubricante.** Algún elemento que se interpone entre el contacto de dos elementos metálicos con el fin de evitar desgaste y calentamiento.

**Mantenimiento preventivo.** Toda gestión de mantenimiento basado en un calendario constante y continuo.

**Nivel de saturación.** Cantidad de agua que puede disolver un fluido



## LISTA DE SIGLAS

<b>SAE</b>	(Society of Automotive Engineers): Sociedad de Ingenieros Automotrices
<b>API</b>	(American Petroleum Institute): Instituto Americano del Petróleo
<b>ASTM</b>	(American Society for Testing Materials): Sociedad Americana de Prueba de Materiales
<b>ISO</b>	(Internacional Organización for Standardization)
<b>AGMA</b>	(American Gear Manufacturers Association)
<b>ATF</b>	(Automatic Transmission Fluids)
<b>ASH</b>	(Residuo inorgánico de la combustión que queda en el aceite)
<b>DPF</b>	(Ver Filtro de Partículas Diesel)
<b>ELGI</b>	(Instituto europeo de lubricación con grasa)
<b>EP</b>	(Extreme Pressure)
<b>MFL</b>	((Multifunctional Lubricants)
<b>MIRA</b>	(Motor Industry Research Association)
<b>MRV</b>	(Mini-rotary Viscometer)
<b>TAN</b>	(Total acid number)
<b>TBN</b>	(Total basic number)
<b>ZDDP</b>	(Dialquil ditiofosfato de Zinc, familia de productos usados como aditivo antidesgaste en motores, sistemas hidráulicos)

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>%</b>	: Porcentaje
<b>Cmin</b>	: Holgura radial min
<b>Qs</b>	: Caudal de fuga
<b>°C</b>	: Grados centígrados
<b>°F</b>	: Grados Fahrenheit
<b>μm</b>	: Micrómetros
<b>A</b>	: Área
<b>V</b>	: Velocidad absoluta
<b>C</b>	: Holgura radial o juego radial
<b>cST</b>	: CentiStokes
<b>LEN</b>	: Lubricación elastohidrodinamica firme
<b>Q</b>	: Caudal
<b>Qp</b>	: Calor perdido
<b>Qs</b>	: Calor suministrado
<b>μ</b>	: Viscosidad dinámica

## **CAPITULO I**

### **1.-GENERALIDADES**

Todos los procesos de combustión se verán afectados en mayor grado sea la altura en donde se desarrollen.

La temperatura y la presión atmosférica serán los principales factores que alteren los procesos de combustión en alturas superiores a las del nivel del mar, así también como la combinación de oxígeno con el aire y la composición química.

Por lo tanto, los procesos de combustión serán afectados en cuanto mayor sea la altura con referencia al nivel del mar.

#### **1.2.- DESARROLLO DEL PROBLEMA.**

##### **1.2.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La degradación de los lubricantes en el motor afectara a la operatividad de todotipo de motores térmicos y con combustión en base a diésel, Si no Tomamos medidas para evitar que este deterioro dañe componentes críticos y toda la máquina en su aglomerado, lo que puede acarrear costes muy elevados debido a un tiempo de inactividad no planificado. Al reducir el riesgo operacional mediante medidas proactivas para garantizar la disponibilidad y mantenimiento inmediatos de maquinaria y equipos, la productividad de los motores se ve directamente afectada. En este sentido, a la hora de valorar distintos riesgos en funcionamiento, en cada proceso y subproceso de la operación, es capaz de destacar el impacto de la existencia útil de las máquinas rotativas en la mayoría de procesos productivos.

##### **1.2.2.- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Como referencia y a una altura de los 4100 msnm provincia y distrito de ESPINAR. donde se ubica la compañía minera TINTAYA expansión ANTAPACCAY, donde los procesos de combustión en equipos móviles buses, camiones, volquetes, camionetas etc.), a pesar de contar con un máximo de 3 años de antigüedad y en muchos casos 1 o 2 años, sufren Desgaste prematuro de piezas internas y componentes, así como perdida de viscosidad en el aceite, dando lugar a mayor emisión de gases contaminantes, mayor consumo de combustible, anticipación en cambios de componentes como filtros de combustible), y por lo tanto una anticipada degradación de los aceites lubricantes en el motor.

### **1.2.3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad muchas de las unidades seminuevas Fusos de la empresa MOTTA en operación en el centro minero Antapacay presentan problemas de funcionamiento del motor, tales, así como fatiga, pérdida de potencia, emanaciones excesivas de humo de motor, sobrecalentamiento de motor, etc. Todo ello conllevaría a una disminución del tiempo de vida útil del motor y costos elevados al momento de reparaciones correctivas en el motor de las unidades.

### **1.3.- EL PROBLEMA GENERAL.**

¿Cómo mejorar la operatividad y prolongar una mayor vida útil en motores diésel Mitsubishi 4M50 con 174 hp para una altitud de 4100 msnm?

#### **1.3.1.- PROBLEMAS ESPECIFICOS. –**

- 1.- ¿Cómo determinar condición de la degradación del lubricante?
- 2.- ¿Cómo determinar el análisis de muestras de partículas en el lubricante?
- 3.- ¿Cómo Determinar el análisis de viscosidad para lubricante de motor diésel?
- 4.- ¿Cómo interpretar adecuadamente los reportes de análisis de lubricante?
- 5.- ¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento predictivo basado?  
en la tribología del lubricante para motores diésel Mitsubishi 4M50 de 174 hp y para una altitud de 4100 msnm?
- 6.- ¿Se podrá reducir los costos de mantenimiento y reparaciones de los motores con el diseño de un nuevo plan de mantenimiento?

### **1.4.- JUSTIFICACION**

El trabajo descrito está orientado en promover la mejora continua en las técnicas de mantenimiento preventivo que hoy en día están presentes en las empresas que poseen unidades en operación a diferentes altitudes sobre el nivel del mar y diversas condiciones geográficas y climatológicas en el ámbito del Perú.

## **1.5.- OBJETIVOS.**

### **1.5.1.- OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar un plan de mantenimiento predictivo basado en la tribología del lubricante para

motores diésel Mitsubishi 4M50 de 174 Hp para una altitud de 4100 msnm.

### **1.5.2.- OBJETIVO ESPECIFICO.**

- 1.- Realizar muestreos de la condición del lubricante en laboratorio de fluidos.
- 2.- Realizar una correcta interpretación de análisis de partículas en el lubricante.
- 3.- Realizar una comparativa con los datos obtenidos de laboratorio con parámetros estandarizados de viscosidad.
- 4.- Realizar una interpretación basada en estudios de experiencia anteriores y con una cantidad mayor posible de datos
- 5.- Diseñar un plan de mantenimiento predictivo basado en resultados de tiempos de operación y calidades de aceite obtenidos en el análisis de laboratorio.
- 6.- Realizar un análisis económico en el plan de mantenimiento para reducir costos en reparación y mantenimiento de motores 4M50

## **1.6.- HIPOTESIS**

### **1.6.1.-HIPOTESIS GENERAL. –**

¿Se podrá mejorar la operatividad y prolongar una mayor vida útil con el diseño de un plan de mantenimiento predictivo basado en la tribología del lubricante para motores diésel Mitsubishi 4M50 de 174 Hp para una altitud de 4100 msnm?

### **1.6.2.- HIPÓTESIS SECUNDARIAS. -**

- 1.- El análisis de muestreo de degradación de lubricante permitirá evaluar la condición, calidad del lubricante.
- 2.- La interpretación del análisis de las muestras de partículas, permitirá evaluar la condición y calidad del lubricante.
- 3.- La comparativa de datos obtenidos en laboratorio permitirá determinar la

viscosidad

del lubricante en motores diésel.

4.-La interpretación de análisis de lubricante, determinara la degradación del lubricante para motores Diesel

5.-El diseño de un plan de mantenimiento predictivo será posible con los resultados tiempos de operación y calidades de aceites obtenidos en laboratorio?

6.-El análisis económico permitirá evaluar y poner en práctica un nuevo plan de mantenimiento.

## **1.7.- VARIABLES**

### **1.7.1.- VARIABLE DEPENDIENTE**

Plan de mantenimiento predictivo basado en la tribología del lubricante

### **1.7.2.- VARIABLES INDEPENDIENTES. -**

1.- Aditivacion y viscosidad del lubricante.2.- Análisis de laboratorio.

3.- Tiempo de eficiencia en lubricantes para motor diésel.4.- Contaminantes del sistema de lubricación.

5.- Plan de mantenimiento predictivo inadecuado.6.-Valorización de motores diésel.

## **1.8.- METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.**

### **1.8.1.- TIPO, DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

De acuerdo al tipo, naturaleza y características del problema objeto de estudio, esta investigación caracterizamos de tipo aplicado y metodología de investigación experimental, por cuanto se propondrá un plan de mantenimiento diferenciado a la habitual en motores diésel, y evaluativo por que se analizará mejora en componentes mecánicos, desgaste prematuro en elementos del motor y por ende un mejor tiempo de vida de motores.

Se requerirá apoyo de investigación como compendios bibliográficos para responder adecuadamente al problema planteado tanto documentariamente y recojo de información de campo.

La información primaria obtenida se encontró en documentos bibliográficos como libros, tesis, paper, artículos relacionados, fichas técnicas, documentos audiovisuales, internet.

También consideramos como investigación de campo ya que mucho de los datos obtenidos se recoge de primera mano en forma directa en el lugar de los hechos.

### **1.9.- ALCANCES Y LIMITACIONES. -**

Entre las principales limitaciones tendremos

- Variedad de recomendaciones en cuanto al cambio de lubricantes de diversos motores
- Corta variedad de pruebas en cuanto a evaluación de lubricantes.
- Rango limitado de muestras.
- Se reestructura
- : Diagramas de motor Mitsubishi 4M50
  - : Cap. I
  - : Plan de mantenimiento predictivo
  - : Se ajusta los objetivos con las conclusiones
  - : Se realiza el plan de mantenimiento predictivo
  - : Se realizo el objetivo económico

### **1.10.- DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

El proyecto minero Antapacay se ubica en el distrito y provincia de Espinar, región Cusco, a una altitud de 4100 MSNM y a una latitud de -13,532 y longitud -71,9675, temperatura que oscila entre los 8 y -6 °C, se encuentra entre las ciudades de Cusco y Arequipa, aproximadamente a unos 225 Km en carretera, mientras que el centro poblado Yauri se encuentra a unos 15 Km al norte.

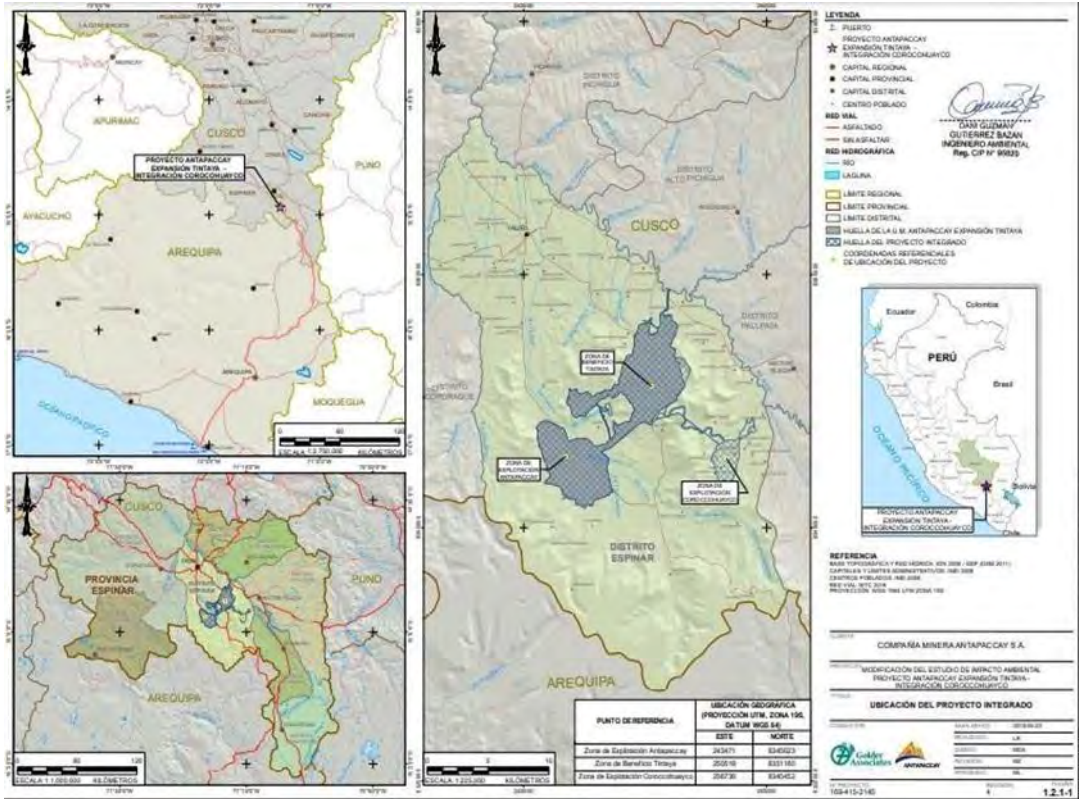


Figura 1 imagen de la zona de estudio.  
Fuente: Google maps 2020

## 1.11 FICHA TÉCNICA CAMIÓN MITSUBISHI FUSO MOTOR 4M50

### MITSUBISHI 4M50 SPECIFICATIONS

Item	Specifications
Engine model	4M50
Type	4-cylinder, in-line, water-cooled, 4-cycle diesel engine
Combustion chamber	Direct injection type
Valve mechanism	Double overhead camshaft (DOHC)
Bore x stroke	mm (in.) $\phi 114 \times 120 (\phi 4.49 \times 4.72)$
Total displacement	L (cfs) 4.899 (4899)
Compression ratio	17.5



Figura 2 Ficha técnica motor Mitsubishi 4M50  
Fuente: Mitsubishi Motors



<b>DIMENSIONES (mm)</b>		<b>Canter ST Plus</b>
Largo/Ancho/Alto		7,210 / 2,135 / 2,255
Distancia entre ejes		4,170
Voladizo Delantero		1,145
Voladizo Posterior		1,815
Trocha Delantera		1,665
Trocha Posterior		1,660
<b>PESOS (Kg)</b>		
Peso Bruto Vehicular		8,200
Peso Bruto Vehicular Eje Delantero		3,020
Peso Bruto Vehicular Eje Posterior		5,760
Peso Seco		2,640
Capacidad de Carga Bruta		5,560
<b>DESEMPEÑO</b>		
Máx. Grado de Trepado (a máx. carga)		41.5% (Tan $\theta$ )
Radio mínimo de giro (m)		7.3
<b>MOTOR</b>		<b>Mitsubishi 4M50 - SATS</b>
Tipo		Diesel de 4 tiempos, 4 cil. en línea, 16 valv., enfriado por agua
Cilindrada (cc)		4,899
Sistema de Alimentación		Inyección Directa TDI + TGV - Sistema Common Rail, Bujías de precalentamiento
Potencia máx. (HP/rpm)		177 / 2,700
Torque máx. (Kgf.m/rpm)		54.1 / 1,600
Máxima velocidad de motor (rpm)		2,900
Norma de emisiones		EURO IV
<b>EMBRAGUE</b>		
Tipo		De Control Hidráulico, Monodisco Seco
<b>TRANSMISION</b>		

Figura 3 Ficha técnica camión Mitsubishi Motor 4M50

Fuente: Pag web. Mitsubishi Motors.

## 2.- POBLACIÓN Y MUESTRA.

### 2.1 POBLACIÓN:

Comprende de cuatro (4) motores diésel marca Mitsubishi modelo 4M50 y 175 hp la empresa Contratista Motta SRL Ubicación De Trabajo Dentro De la Minera Tintaya-Antapacay, encontrándose a una altitud de trabajo de 4100 msnm

### 2.2 MUESTRA. -

Para hallar el tamaño de la muestra, primero se observó diferencias particulares entre los motores diésel. Por lo que respecta a otros dispositivos y degradación del aceite a lo largo del tiempo. Se encuentra diferencias significativas entre las máquinas en lo que concierne a oxidación, nitración, sulfatación, hollín, viscosidad y PQI. así justifica el estudio del modelo del motor.

## DENOMINACIÓN CON CÓDIGOS A, B, C, D SEGÚN MOTORES

Tabla 1  
Denominación de códigos por motor

<b>COD</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>A</b>	<b>Motor A Mitsubishi (Mod 4m50) Mobil 15w40 Delvac Mx Esp (Mineral)</b>
<b>B</b>	<b>Motor B Mitsubishi (Mod 4m50) Mobil 15w40 Delvac Mx Esp (Mineral)</b>
<b>C</b>	<b>Motor C Mitsubishi (Mod 4m50) Mobil 15w40 Delvac Mx Esp (Mineral)</b>
<b>D</b>	<b>Motor C* Mitsubishi (Mod 4m50) Mobil 15w40 Delvac Extreme Semisintético)</b>

Fuente: Elaboración propia

## CARACTERÍSTICAS DE MOTOR Y TOMA DE DATOS COD. A

Tabla 2  
Datos motor A

<b>MOTOR A (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP mineral</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>ODO KM</b>	<b>KM RECORIDOS (C/10 días)</b>
A1	6-Abr-22	15050	0
A2	15-Abr-22	16035	985
A3	26-Abr-22	17033	998
A4	6-May-22	18023	990
A5	16-May-22	18983	960
A6	26-May-22	19968	985
	<b>TOTAL</b>	<b>19968</b>	<b>4918</b>

Fuente: elaboración propia

## CARACTERISTICAS DE MOTOR Y TOMA DE DATOS COD. B

Tabla 3  
Características motor B

<b>MOTOR B (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP mineral</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>ODO KM</b>	<b>KM RECORIDOS (C/10 días)</b>
B1	10-Abr-22	20033	0
B2	20-Abr-22	20893	860
B3	30-Abr-22	21768	875
B4	6-May-22	22654	886
B5	16-May22	23508	854
B6	25-May22	24362	854
<b>TOTAL</b>		<b>24362</b>	<b>4329</b>

Fuente: elaboración propia

## CARACTERISTICAS DE MOTOR Y TOMA DE DATOS COD. C

Tabla 4  
Datos motor C

<b>MOTOR C (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP mineral</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>ODO KM</b>	<b>KM RECORIDOS (C/10 días)</b>
C1	7-Jun-22	20069	0
C2	17-Jun22	21071	1002
C3	27-Jun22	22086	1015
C4	27-Jun22	23105	1019
C5	7-Jul-22	24090	985
C6	17-Jul-22	25094	1004
<b>total</b>		<b>25094</b>	<b>5025</b>

Fuente: elaboracion propia

## CARACTERISTICAS DE MOTOR Y TOMA DE DATOS COD. C\*

Tabla 5  
Datos tabla C\*

<b>MOTOR C* (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac Extreme</b>			
<b>semisintético</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>ODO(KM)</b>	<b>KM RECORIDOS (C/10</b>
<b>C*</b>			<b>días)</b>
C*1	18-Jul22-22	25094	0
C*2	28-Jul22	26162	1068
C*3	7-Ago22	27185	1023
C*4	17-go22	28144	959
C*5	27Ago22	29232	1088
C*6	5-Set-22	30283	1051
	<b>total</b>	<b>30283</b>	<b>5189</b>

Fuente: elaboracion propia

### **2.3 TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.**

#### **2.3.1 TÉCNICAS.**

En las Técnicas usadas en esta investigación se usó Encuestas y observaciones directas.

#### **2.3.2 ENCUESTA.**

Es una habilidad de obtención de apego real que requiere información al problema propuesto

#### **2.3.3 OBSERVACIÓN DIRECTA:**

Un ejercicio de recogida de información muy importante y que implica una interpretación sistemática, válida y fiable por intermedio de una hoja de observación.

### **2.3.4 DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Se aplica los datos de estadística de servicio de carácter de datos del aceite lubricante en motores diésel Mitsubishi 4M50, para tal propósito se utilizarán.

### **3. FICHA DE OBSERVACIÓN:**

Método de recogida de información que permite observar y distinguir empíricamente, la realización de las tareas implicadas en el proceso, proporcionando la identificación de cada una de sus etapas, para una comprensión concreta del mismo.

### **3.1 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.**

#### **3.2 VALIDEZ:**

El próximo estudio corrobora para dar mejoría a la calidad de los servicios de mantenimiento en las unidades estudiadas mediante el estudio del comportamiento de los parámetros de degradación del petróleo, teniendo en cuenta que el trabajo de investigación actual que se ha logrado. La información es primaria y secundaria, en función de los datos obtenidos directamente del campo y de los datos obtenidos por otros.

#### **3.3 CONFIABILIDAD:**

Esta forma de captar datos de manera científica usa métodos diversos para la investigación ya consolidados por autores que han desarrollado análisis vinculados al contenido por tal se está emplazando a los creadores incrementando año de publicación y número de página de la cual se consigue la información mostrada.

### **3.4. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.**

En la actual toma de muestras se usó un estudio real de la evaluación de la reacción de los parámetros de degradación del aceite lubricante en motores diésel Mitsubishi 4M50, siendo tramitados estos datos empleando el Excel, lo cual favoreció el análisis, factibilidad técnica y económica del análisis.

## 1.11.- BASES TEORICAS. –

### 1.11.1.-ESTADO DEL ARTE

Estudio del estado del arte, mediante información bibliográfica del sistema de lubricación de un motor diésel y su funcionamiento.

#### ANTECEDENTE 1.

<b>Título</b>	Análisis de la degradación y vida útil del lubricante motor, en un vehículo modelo Actros 3353S mediante ensayos de viscosidad y TBN (Albarracín, 2020)
<b>Autor</b>	Guamán Albarracín, Henry Rolando Ávila Pesantez, Oswaldo Marcelo fajardo lauro Fernando
<b>Resumen</b>	En el presente estudio se desarrolla una propuesta para evaluar la vida útil del lubricante motor utilizado en los vehículos de la compañía BRACAZUA S.A. basándonos en el Análisis de Aceite. Con el fin de evaluar los resultados en función los límites condenatorios realizando ensayos técnicos en un laboratorio para analizar la viscosidad y el TBN (Albarracín, 2020)
<b>Palabras Clave</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mecánica Automotriz</li><li>- Camiones - Motores Diesel</li><li>- Camiones – Lubricación</li><li>- Aceites Lubricantes - Viscosidad</li><li>- Tribología</li><li>- Tbn</li></ul>
<b>Fecha De Publicación</b>	Abril 2020
<b>Uri</b>	<a href="https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18781">https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18781</a>

<b>Introducción</b>	<p>Se recopila la información relacionada con el análisis de lubricantes de motores diésel para saber los factores que inciden en la degradación y vida útil en referencia a la tesis, artículos científicos libros y pág. web</p> <p>Se recopiló muestras siguiendo el proceso de muestreo determinando kilómetros de recorrido, el lubricante se deposita en un recipiente para luego ser enviadas al laboratorio, efectuando el proceso de análisis de propiedades químicas</p>
<b>Desarrollo De Temas</b>	<p>Cap1. estado del arte</p> <p>Cap2. muestreo del aceite</p> <p>Cap3. implementación y análisis de resultados</p>
<b>Conclusiones</b>	<p>➤ En el capítulo uno se menciona cuáles son los sistemas del motor que intervienen en la durabilidad del lubricante, permitiéndonos realizar un mantenimiento preventivo a todos estos elementos: el cambio del filtro de aceite, combustible, aire y air dryer, adicional se hizo un reajusto a los pernos del cabezote y el cambio de aceite. Permiéndonos garantizar un óptimo desempeño del lubricante.</p>
	<p>En los resultados se analizaron tres parámetros, es decir: Rutina, TBN y Metales, estos parámetros se evaluaron según el kilometraje recorrido del tracto camión. Rutina está conformada por tres elementos a analizar, tenemos: Apariencia, Agua por crepitación y Viscosidad. En el análisis de apariencia se pudo apreciar la coloración del lubricante el cual se mantuvo en un color negro, luego de superar los 8.346 Km del cambio habitual de aceite y recorrer 4.088 Km más. En todos los resultados el lubricante no presentó ningún problema y fue apto para su uso. La segunda fase fue analizar las muestras de aceite para comprobar si existía presencia de agua por el proceso de crepitación, obteniendo que todos los resultados son negativos de presencia de agua.</p>
<b>Bibliografía</b>	<p>➤ AENOR. (2020). ASTM D6595-00 Método de prueba estándar</p> <p>ALVAREZ. (2015). ALVAREZ Autopartes Diesel:</p> <p>➤ API. (2017). Que es el aceite para motor   Atracción 360. Retrieved November 12, 2019, from <a href="https://www.atraccion360.com/que-es-el-aceite-para-motor">https://www.atraccion360.com/que-es-el-aceite-para-motor</a></p> <p>➤ ASTM. (2017). ASTM D1500-12(2017) Método de prueba e determinación del color de ASTM para productos derivados del petróleo (Escala de color de ASTM). Retrieved February 4, 2020, from (Albarracin, 2020)</p>

## ANTECEDENTE 2.

<b>Título</b>	Análisis comparativo de la eficiencia energética entre los motores MB OM-502y MB OM-460 considerando la variable de altura (Narvaez, 2021)
<b>Autor</b>	JEYSON FABIÁN NARVÁEZ CALLE
	ING. RAFAEL WILMER CONTRERAS URGILÉS, MSc
<b>Resumen</b>	El estudio basado el análisis comparativo de la eficiencia de dos motores de Mercedes Benz, estos son el OM502-LA y OM460-LA de los vehículos Actos 3353-S y New Actos 2645-S respectivamente con la variable de altura, temperatura y presión atmosférica de la ciudad de Cuenca.
<b>Palabra clave</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mecánica</li><li>- Automotriz</li><li>- Camiones</li><li>- Diésel</li><li>- Vehículos De Motor - Consumo De Energía Motores Diésel</li></ul>
<b>Fecha de publicación</b>	<u>Ago.- 2021</u>
	<p>esto que los vehículos utilizados en este estudio de la casa comercial Mercedes Benz ubicada en la ciudad de Cuenca han mostrado un aumento en ventas durante los dos últimos años información que se puede visualizar en la figura</p> <p>La selección de un vehículo de carga pesada se basa en el rendimiento que esté presente, se consideran los factores de torque, potencia y nivel de emisión de gases contaminantes. Es importante mencionar que la eficiencia energética del motor varía de su especificación técnica con respecto a las condiciones utilizadas, la altura sobre el nivel del mar, la presión atmosférica y la temperatura ambiente (Cisneros, 2018).</p> <p>Se estima que, al existir mayor altura sobre el nivel del mar, ingresa menos oxígeno a la cámara por ende el proceso de combustión baja decrece la potencia y par del vehículo y como consecuencia su rendimiento, razón por la cual se optan por algunas opciones como es repotenciar un vehículo o el uso de la sobrealimentación (Cisneros, 2018).</p>
<b>Desarrollo del tema</b>	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>



	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar una investigación bibliográfica utilizando fuentes fiables con la finalidad de establecer y sentar bases teóricas sobre la determinación de la eficiencia energética en motores de encendido por comprensión MEC en ciudades de altura.</li> <li>➤ Adquirir los datos y establecer una matriz general de resultados mediante el desarrollo de pruebas experimentales en el banco de rodillos “MAHA LPS 3000”.</li> </ul>
<b>Conclusiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Al finalizar el análisis comparativo de los motores en estudio se pudo determinar que existe una diferencia del 26.22% en cuanto al rendimiento de los motores OM 460-LA y OM 502- LA, siendo este último el que presenta mayor eficiencia energética.</li> <li>➤ Con este estudio se tiene que mediante la revisión bibliográfica relacionada con el tema y su posterior análisis se incrementa el conocimiento sobre las características del motor, su funcionalidad, ventajas, desventajas, componentes, así como los principales factores que afectan de forma directa o indirecta a la eficiencia energética o rendimiento de un motor. También se determina aquellos elementos o situaciones que se pueden emplear o mejorar para aumentar el rendimiento.</li> </ul>

	<p>una disminución de 2200 Nm a 1910.66 Nm, también existe variación con el torque calculado ya que este último difiere en un 5% con el par de fabrica lo que significa un descenso de 2220 Nm a 2090. 44 Nm; las variaciones que se presentan se deben generalmente a las condiciones atmosféricas de presión, temperatura ambiente y altura sobre el nivel del mar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Para el motor OM- 502- LA, la potencia medida presenta una diferencia del 26.13% con respecto a la dada por la fábrica con un descenso de 390 kW a 92.83kW, también la calculada tiene una variación del 24.8% con una disminución de 390 kW a 292.83 kW;en cuanto al torque hay variaciones de los datos de fabrica con el par medido y calculado con una diferencia del 13.19%y el 5% es decir, de 2400 Nm a 2120 Nm y 2301.82 Nm respectivamente.</li> </ul>
--	--

### ANTECEDENTE 3.

<b>Titulo</b>	Análisis tribológico de motores ISUZU JJP de la empresa Mercantil
<b>Autor</b>	Cañaveral Barrientos
<b>Resumen</b>	<p>Se implementa una sistemática de literatura para determinar modos que permitan determinadas a partir del consumo de aceite, todo esto se desarrolló con el fin de mejorar la toma de decisiones en el área de mantenimiento de la compañía Coordinadora Mercantil S.A.S. Inicialmente la recolección de muestras de aceite desde el cárter, lo cual generaba resultados imprecisos. En el análisis de resultados se presentaban vacíos en correlaciones de los diferentes elementos del análisis de aceite. Se analizó la recolección de muestras y se observó que al drenar el aceite lubricante desde una bomba de vacío da resultados más precisos, los cuales permiten tomar decisiones con mayor certeza. En el tema de análisis de resultados se establecieron nuevas correlaciones que permiten determinar posibles causas de fallos del motor, y por último se sugirió un modelo que correlaciona el análisis de aceite con el material particulado, esto último con el fin de generar menos emisiones contaminantes, a su vez ser exentos de pico y placa ambiental. (Barrientos, 2022)</p>
	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Con el análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico análisis de varianza ANOVA para determinar diferencias estadísticamente significativas.</li><li>➤ Mediante el análisis de resultados y considerando la altura de 2542 m.s.n.m y 0.75 Bar de presión se pudo conocer que el motor con mejor eficiencia energética es el OM 502 –LA del vehículo Actros 3353- S.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Algarra, m. (2010). Motor diésel, aceite</li><li>➤ Combustible diésel, Eponimos científicos, 5. 107</li><li>➤ Alonso, j. (1998). Técnicas DEL automóvil. España: paraninfo.</li><li>➤ Arcentales, s., &amp; paladines, l. (2014). Estudio TERMODINÁMICO DEL MOTOR Toyota TURBO DIÉSEL MODELO 2kd-ftv,</li><li>➤ Autor. (S.F.). Análisis comparativo de la eficiencia energética entre los motores mb om-502 y mb om-460 considerando la variable de altura. Cuenca: mercedes Benz.</li><li>➤ Barone, s., &amp; colaboradores. (2011). Sobrealimentación EN MOTORES. Recuperado EL JUNIO DE 2021, c:/users/usuario/downloads/sobrealimentacion% 20en%20 motores.PDF</li></ul>

#### **ANTECEDENTE 4**

<b>Titulo</b>	Diseño de un plan de mantenimiento predictivo basado en la condición de lubricante en motores Diésel de locomotoras EMD GR.12 en la ruta sur oriente. (Zapana, 2019)
<b>Autor</b>	Zapana Almanza, Víctor Hugo
<b>Resumen</b>	En el presente trabajo, se realizó la determinación de los límites condonatorios de salud, contaminación y desgaste por medio de la interpretación sistemática de los reportes de análisis de aceite, utilizando la técnica SACODE; los valores de estos límites ayudaran a establecer un periodo preventivo de cambio de lubricante y un plande mantenimiento predictivo para los motores diésel de las locomotoras EMD GR12, que operan en la ruta sur oriente de la empresa PERURAIL, el parámetro más influyente para poder establecer este periodo es la viscosidad cinemática evaluada a 100°C, ya que depende del incremento máximo de esta variable para poder evaluar el cambio de lubricante. Los límites SACODE establecidos serán utilizados para el diseño de plan de mantenimiento predictivo basado en la condición del lubricante, los reportes de análisis de <u>aceite serán</u> interpretados por medio de un programa especializado, este programa realizara las recomendaciones, inspecciones, acciones preventivas y correctivas basadas en la condición del informe generado.
<b>Palabra clave</b>	Análisis de Aceite, SACODE, Lubricación, Cambio de aceite
<b>Fecha de publicacio</b>	2019
<b>URI</b>	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12918/4984">http://hdl.handle.net/20.500.12918/4984</a>

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEORICO**

#### **2.1.- ACEITES LUBRICANTE.**

##### **21.1.-LA IMPORTANCIA DE UNA BUENA LUBRICACIÓN**

Cuando dos superficies entran en contacto uno con respecto a la otra se produce fricción, esto traerá por consiguiente sobrecalentamiento y por resultado desgaste de los metales en fricción. Si un fluido es ubicado entre dichas superficies de contacto por cuanto no se rocen, entonces las pérdidas por fricción antes mencionadas son despreciables.

##### **2.1.2.- COMPOSICIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE**

El lubricante dotara viscosidad adecuada para mantener una película entre las superficies en contacto, será estable a los cambios de temperatura y mantendrá limpias las superficies lubricadas, evitando que se formen residuos pegajosos. Cederá, no permitirá que se forme barro. No se corroe. La base lubricante se deriva de lubricantes minerales (proviene de aceites de base lubricantes sintéticos o aceites de base lubricantes vegetales y animales en función de la aplicación del aceite que se alimenta). (TEXACO INC. Operación de motores diésel de dos combustibles y de gas. Edición, 1960)

##### **2.1.3.- ACEITE VEGETAL Y ANIMAL**

Todos los aceites vegetales y animales contienen porcentajes de biodegradación muy altos, por lo que son usadas para fabricar "aceites verdes" o aceites más biodegradables que los minerales aceites. Estos aceites combinados con los aditivos correctos pueden ser biodegradables y no tóxicos. (TEXACO INC. Operación de motores diésel de dos combustibles y de gas. Edición, 1960)

##### **2.1.4.- ACEITE MINERAL**

Es la mezcla de muchos hidrocarburos distintos resultando con propiedades individuales. solo pocos hidrocarburos serán reconocidos como bases de los aceites lubricantes. Después de un refinamiento efectivo para suprimir elementos constituyentes no aceptables, los lubricantes se clasificaran generalmente como

nafténicos o parafínico.

### **2.1.5.- ACEITE SINTÉTICO**

Todas las bases lubricantes sintéticas son fabricadas por especiales procesos (distintos a la refinación) así consiguen funciones más específicas, por lo que concede mejor pariedad en sus resultados.

Los aceites sintéticos aportan aproximadamente cuatro veces el tiempo de operación del de un óptimo aceite mineral, mientras que su costo es mayor, su utilización se basa más en la idea de conservar la maquinaria que en ahorrar dinero.

## **2.2.- MANUFACTURA DEL ACEITE LUBRICANTE**

La base del petróleo es destilado o fraccionado, eliminando los hidrocarburos más volátiles, así como la gasolina, kerosén y el aceite combustible (destilado), quedando las partes del aceite más pesadas de los que salen los combustibles.

### **2.2.1.- ADITIVOS**

En pocos porcentajes con distintos materiales solubles en lubricantes se añaden a éstos, en consecuencia, las propiedades que no se obtienen por el proceso de refinamiento. A esos materiales son llamados comúnmente aditivos y existen variedad, tal como se describe en la fig. 4

Los lubricantes usados en los motores de combustión interna pueden contener uno o más de los diversos tipos de aditivos, más dependerá del diseño de la máquina y de las condiciones de operación y manejo.

PROPOSITO	TIPOS DE COMPUESTOS USADOS	RAZONES DE SU USO	MECANISMO DE ACCIÓN
Antioxidantes o inhibidores de oxidación	Compuestos orgánicos que contienen azufre, fósforo o nitrógeno, tales como aminos orgánicos, sulfuros, hidroxisulfuros, fenoles. Con frecuencia se incorporan metales como el estaño el zinc o el barrio.	Para evitar las acumulaciones de barniz y cienos sobre las partes del motor. Para evitar la corrosión de los cojinetes aleados.	Disminuye la cantidad de oxígeno absorbido por el aceite, reduciéndose así, la formación de cuerpos ácidos. El aditivo generalmente se oxida con preferencia al aceite.
Anticorrosivos, preventivos de corrosión o anti catalíticos.	Compuestos orgánicos que contienen azufre activo, fósforo o nitrógeno, tales como los sulfuros orgánicos, fosfitos, sales metálicas de ácido tío fosfórico, y ceras sulfuradas.	Para evitar que fallen los cojinetes aleados por la acción corrosiva. Para evitar el ataque corrosivo en otras superficies metálicas.	Inhíbe la oxidación de tal manera que no se formen cuerpos ácidos, o permite que se forme una película protectora sobre los cojinetes u otras superficies metálicas. La formación química de una película sobre las superficies metálicas disminuye la oxidación catalítica del aceite.
Detergentes	Compuestos metalo-orgánicos tales como fosfatos, fenolatos, alcoholatos. Jabones de alto peso molecular que contienen metales como el magnesio, el bario o el estaño.	Para mantener limpias las superficies del motor y para evitar depósitos de cienos de todos los tipos.	Por reacción química o dirección de la oxidación se evita que los productos de oxidación solubles en aceite lleguen a ser insolubles y se depositen en las diversas partes del motor.
Dispersantes	Compuestos metalo-orgánicos tales como naftenatos o sulfonatos. Sales orgánicas que contienen metales como calcio, cobalto y estroncio.	Para que la formación potencial de cienos se mantenga soluble y en suspensión, evitando que se deposite en las partes del motor.	La aglomeración de hollín del combustible y de productos insolubles de la descomposición del aceite, se evita cuando se convierten a un estado finamente dividido. En forma coloidal, las partículas contaminantes permanecen suspendidas en el aceite.
Agentes de presión extrema	Compuestos fosforados como el fosfato tricresil, compuestos halogenados. Jabones de plomo.	Para evitar desgaste innecesario de las partes móviles, así como rayado o scoreado.	Por reacción química se forma la película sobre las superficies metálicas, la cual evita la soldadura o agarre cuando se rompe la película de aceite lubricante.
Preventivos del moho	Aminos, aceites grasos y ciertos ácidos grasos. Derivados halogenados de ciertos ácidos grasos Sulfonados.	Para evitar herrumbre en los motores nuevos y reparados, durante su almacenamiento o embarque.	Mejor bañado de las superficies metálicas mediante una mayor capacidad de adherencia.
Depresores del punto de congelación.	Productos de condensación de alto peso molecular, tales como fenoles condensados con cera clorada. Polímeros de metacrilato.	Para disminuir el punto de fluidez de los aceites lubricantes.	Los cristales de cera en el aceite se cubren para evitar su crecimiento y la absorción del aceite a temperaturas reducidas.
Mejorantes del Índice de Viscosidad	Olefinas polimerizadas o iso-olefinas. Butilpolímeros, ésteres de celulosa, caucho hidrogenado.	Para disminuir la razón de cambio de viscosidad con la temperatura.	Los mejorantes se afectan menos que el aceite debido al cambio de temperatura. Aumentan su viscosidad a 210° F. en mayor proporción que a 100° F.
Inhibidores de espuma	Silicones	Para evitar la formación de espuma estable	Hace posible que la espuma se rompa rápidamente y desaparezca.

Figura 4

Aditivos comunes usados en los lubricantes

Fuente: operaciones de motores diésel de motor, TEXACO Inc. Edición New York 1960

## **2.3.- PROPIEDADES DE LOS ACEITES LUBRICANTES**

### **2.3.1.- ÍNDICE DE VISCOSIDAD**

El nexo entre la temperatura y la viscosidad de un lubricante es conocido como viscosidad (LV.). por valoración al índice de viscosidad se le designa un numero de 100 al índice de un aceite altamente parafínico y 0 a un aceite altamente nafténica. Un aceite de bajo LV obtendrá una diferencia de viscosidad con la temperatura que un aceite de alto LV los rangos de viscosidad es muy sensitiva, por lo que minúsculos cambios en la viscosidad ocasionan variaciones muy elevadas en el valor del LV. (2020., 2022)

### **2.3.2.- PUNTO DE FLUIDEZ**

La temperatura donde el aceite rompe la inercia se llama punto de fluidez. Esta prueba, mezcla con la viscosidad, determinará si un aceite es adecuado para el frío. El punto de escotamiento de un aceite se puede reducir añadiendo una sustancia llamada depresor del punto de escotamiento.

### **2.3.3.- RESIDUO DE CARBONO**

Al determinar una prueba de carbono, esta calificara el porcentaje de carbono que queda luego de que la parte volátil del aceite se haya evaporado cuando se calienta sin contacto con el aire, retirada del recipiente de aceite. Hazlo por intermedio de aceite. los gases de escape. Esta prueba es un indicio de la volatilidad del aceite y es el valor de los componentes pesados que se asientan en el fondo en lugar de vaporizarse cuando aumenta su temperatura. ((BY-NC), 2011)

### **2.3.4.- RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN**

Un aceite junto a altos ratios de temperaturas apegado al aire, se crean agentes de oxidación que son altamente nocivos. La propiedad de un aceite para resistir la oxidación en ciertos parámetros se hallamos el aceite, frecuentemente entre 300-500°F, rara vez pasando aire a sobre el aceite y estando con presencia de cobre o hierro como catalizadores. ((BY-NC), 2011)

### 2.3.5.- RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Para determinar si el aceite oxida al elemento metálico del que está hecho un cojinete, las piezas de prueba de este metal se exponen al aceite durante varias horas. El aceite es volátil y usualmente mantiene una temperatura de unos 350 °F. Si no se observa pérdida de peso en la pieza de ensayo en estas condiciones, puede decirse que este lubricante no se corroe en servicio. ((BY-NC), 2011)

Horas de trabajo	Pérdida de peso del cojinete (mgr)	
	Aceite mineral puro	Aceite mineral puro con aditivos en el servicio pesado
2	7	0
4	48	0
6	75	0
8	95	1
10	109	4

Figura 5  
Resultados de una prueba de corrosión Macul  
Fuente: operaciones de motores diésel de motor, TEXACO Inc. Edición Ney York 1960

### 2.3.6.- DETERGENCIA

Ésta es una característica que evita los productos de combustión de combustible y los depósitos de aceite oxidado en los motores sin uso. En motores contaminados, el limpiador realiza una acción limpiadora o disolvente sobre los residuos de motor usados que se acumulan en el interior del motor, anulando su presencia. ((BY-NC), 2011)

### 2.3.7.- DISPERSIÓN

Esto es importante en el aceite de motor porque provoca depósitos insolubles finamente divididos que permanecen suspendidos por todo el aceite como resultado de la combustión y oxidación del aceite. En aceites con mala calidad de dispersión, estos productos se acumulan o precipitan, provocando importantes depósitos en las piezas del motor. ((BY-NC), 2011)



<b>Valores de dispersión del aceite usado</b>	
<b>Tipo de aceite</b>	<b>Valor de dispersión</b>
Aceite destilado mineral sin aditivos	0
Aceite residual mineral sin aditivos	8- 12
Aceite residual mineral + inhibidor de oxidación	8- 12
Aceite residual mineral sin aditivos+ inhibidor de oxidación + dispersante	14- 12

*Figura 6*  
*Valores de dispersión de aceite usado*  
*Fuente: operaciones de motores diésel de motor, TEXACO Inc. Edición Ney York 1960*

### **2.3.8.- ESTABILIDAD DE LA ESPUMA**

La mayoría de los aceites harán espuma cuando se agitan. la espuma que se acumula en el interior del motor desaparece rápidamente. Las espumas formadas a partir de aceites con jabones o aditivos dispersantes son mucho más estables y se acumulan en lugar de desaparecer rápidamente. Se puede anticipar la espuma en aceites con aditivos añadiendo un anti espuma. ((BY-NC), 2011)

### **2.3.9.- CARACTERÍSTICAS DE PRESIÓN EXTREMA**

Se calcula principalmente la característica de un aceite como lubricante de motor siguiendo los parámetros de alta presión extrema, muchas de las pruebas de resistencia de la película serán desarrolladas.

### **2.3.10.- REACCIÓN CON EL AGUA**

La capacidad de un moderno aceite que tenga la habilidad de separarse del agua se calcula a la agitación en fracciones iguales de agua y aceite, señalando el tiempo utilizado que necesita la requerida separación. ((BY-NC), 2011)

### 2.3.11.- HOMOGENEIDAD

Para tener en claro si el aceite es efectivo los aceites de utilización pesada se calientan hasta que superan una temperatura de 250°F. No debe existir separación del aditivo, comúnmente indicada por un enturbiamiento del aceite((BY-NC), 2011)

### 2.2.12.- COMPATIBILIDAD

En pruebas de laboratorio para medir la compatibilidad de dos aceites, se mezclan éstos en volúmenes iguales y se agitan constantemente. Cualquier enturbiamiento que pueda verificar es evidencia de separación del aditivo o incompatibilidad. ((BY-NC), 2011)

## 2.3.- GENERALIDADES DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Un motor térmico a explosión (gasolina), o implosión (diésel), es una máquina que habilita energía mecánica de un proceso químico y de un combustible que enciende dentro del motor. Se llama así ya que se debe a que la combustión es producida dentro de la mismo equipo o máquina. ((BY-NC), 2011)

### 2.3.1.- CLASIFICACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Una clasificación de motores por combustión estará dada por el siguiente cuadro.

A lo largo de la historia se han creado muchas mejoras mecánicas. Sin embargo, algunos se dejaron a medio camino quedando los más eficientes, potentes, prácticos o por lo menos, los más fiables de fabricar o mantener.

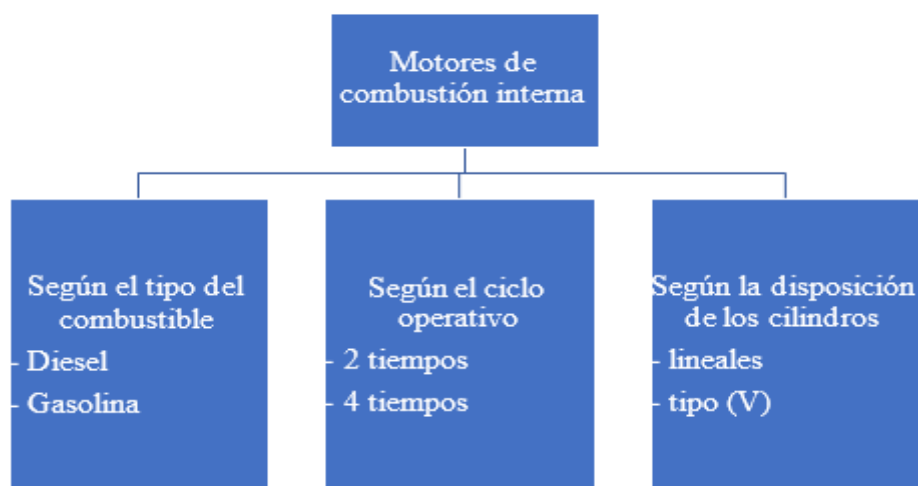


Figura 7  
clasificación de motores de combustión interna  
Fuente: elaboración propia

## **2.3.2.- CLASIFICACIÓN DE MOTOR SEGÚN EL TIPO DE COMBUSTIBLE.**

### **2.3.2.1.- MOTORES DIÉSEL**

Estos motores utilizan en su proceso de combustión gasóleo, que no se prende con chispa o fuego directo por ello necesita presión para prender la mezcla de aire y combustible. Por ello, la relación existente de compresión es más superior en estos motores.

Los motores diésel pueden describirse como más eficientes a los de gasolina, aunque requieren componentes que minimizan más emisiones. Expulsan más cantidad de óxidos de nitrógeno (NOX) y generan más carbonilla (hollín producto de una quema ineficiente del combustible). ((BY-NC), 2011)

### **2.3.2.2.- MOTORES A GASOLINA.**

Los motores a gasolina requieren de una chispa, la cual produce la bujía, por eso son llamados motores de explosión. Pueden ser de dos o cuatro tiempos, siendo de cuatro tiempos la más común en unidades motrices, aunque la de dos es aún una alternativa habitual en vehículos pequeños y máquinas industriales. ((BY-NC), 2011)

## **2.3.3.- CLASIFICACIÓN DE MOTOR SEGÚN EL CICLO OPERATIVO.**

### **2.3.3.1. MOTOR DE 2 TIEMPOS**

Son motores más simples y menor número de piezas. El encendido de estos se produce también en una cámara de combustión, tan igual que el motor de cuatro tiempos, realiza todo el ciclo en una sola vuelta del eje cigüeñal o en dos carreras del pistón ((BY-NC), 2011).

#### **ADMISIÓN – COMPRESIÓN**

**El Primer tiempo es realizado (desde PMI hacia PMS):**

- Empieza el ciclo de admisión, cuando todas las válvulas permanecen abiertas.
- El pistón llega al PMS (término de la carrera ascendente), culmina el periodo de compresión, pero la admisión continua, ya que el fluido tiene aún inercia. ((BY-NC), 2011)

## EXPLOSIÓN – ESCAPE

El Segundo tiempo es realizado (desde PMS hacia PMI):

- Antes al PMS existe un anticipo de encendido (instantáneo) y comienza el periodo de combustión (gradual).
- PMI, termina el ciclo de expansión, pero prosigue al escape y la transferencia, antes de que el pistón cierre las lumbreras de la transferencia el retorno de estas ondas de escape retornara los gases perdidos al sobrealimentador

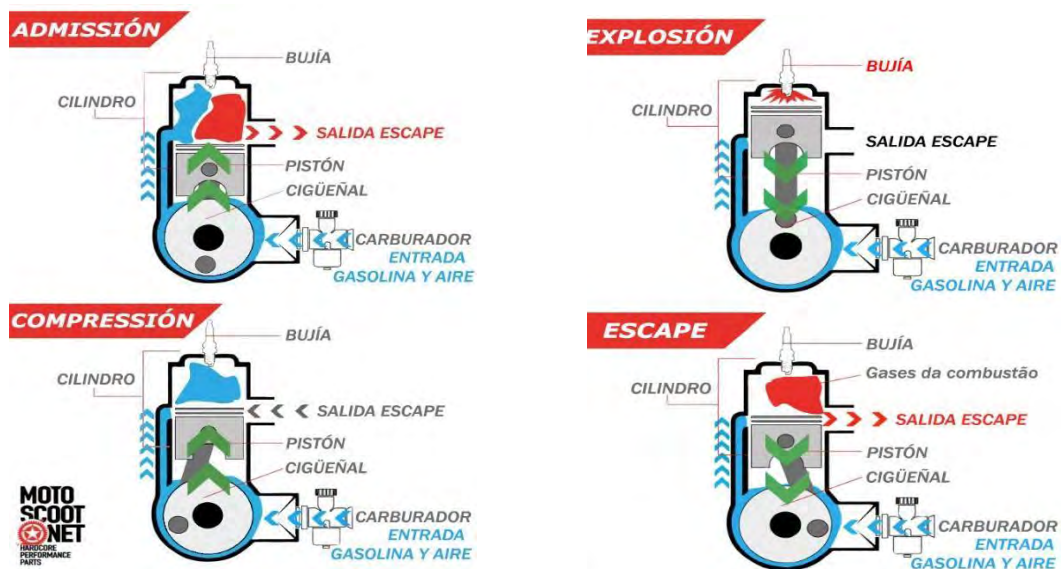


Figura 8

Tiempos de combustión del motor

Fuente: copyright 2008 - 2017 ms properformance 2008 s.l. | all rights reserved info@motoscoot.net

### 2.3.3.2. MOTOR DE 4 TIEMPOS

Tienen un ciclo de combustión de cuatro tiempos.

Estos son:

- Primero de Admisión;
- Segundo de Compresión;
- Tercero de Explosión O Ignición;
- Cuarto de Escape.

A los motores 4 tiempos también conocidos como Otto, debido a que su creador fue el ingeniero alemán Nikolaus Otto en 1867. ((BY-NC), 2011)

## CLASIFICACIÓN DE MOTOR SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS.

### 2.3.3.3 MOTOR EN LINEA (L)

Disposición más habitual, conformados los cilindros uno a continuación de otro ya sea en posición horizontal o vertical relacionado a la ubicación dentro del vehículo, en la actualidad la mayoría de los vehículos utilizan cilindros dispuestos en línea. ((BY-NC), 2011)

### 2.3.3.4. MOTOR TIPO (V)

Esta disposición de los pistones es usualmente configurada para propulsores de gran cilindrada de motor y configuran de dos bancadas de cilindros (6,8,10,12, etc., es así que se pueden configurar en disposición impar) conformadas en forma de V con una inclinación. ((BY-NC), 2011)

El motor de 4 tiempos diésel funciona en un ciclo de combustión que admite 4 tiempos de admisión, compresión, explosión o ignición y escape. ((BY-NC), 2011)

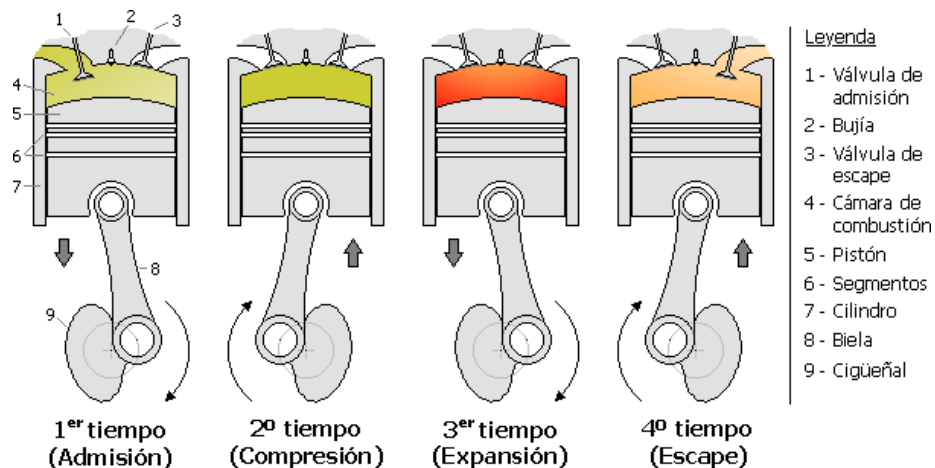


Figura 9  
Ciclos de combustión del motor  
Fuente: TECNOLOGIA DEL LEOPOLDO QUEROL  
<https://www.edumedia-sciences.com/es/media/395-motor-4-tiempos>

## 2.3.4. TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

### 2.3.4.1. ADMISIÓN

El pistón desciende, lo cual abrirá la válvula de admisión y por consiguiente ingresará una mezcla dosificada combustible y aire al cilindro de motor.

Cuando esto pasa, la válvula de escape se mantiene cerrada, lo que permite que la mezcla anterior produzca movimiento a la unidad. ((BY-NC), 2011)

#### **2.3.4.2. COMPRESIÓN**

La operación del mecanismo es opuesta al pistón, sube y la válvula de admisión se cierra. Solo si la válvula de escape continúa cerrada, por lo que se comprime la mezcla del aire y del combustible. ((BY-NC), 2011)

#### **2.3.4.3. EXPLOSIÓN O IGNICIÓN**

El motor llega a una temperatura de 440°C cuando el pistón alcanza el punto máximo. Es aquí donde, los inyectores transfieren el combustible presurizado en forma pulverizada para que se combine de manera óptima con el aire y se produzca su combustión. ((BY-NC), 2011)

#### **2.3.4.4. ESCAPE**

Cuando el pistón llega al PMI, las válvulas de expulsión se abren y expulsan los gases dentro de la cámara de combustión que están quemados al término del ciclo del motor diésel. ((BY-NC), 2011)

### **2.4. VENTAJAS QUE TIENE EL MOTOR 4 TIEMPOS DIÉSEL SOBRE EL MOTOR A GASOLINA:**

#### **2.4.1 Mas kilómetros con menos combustible.**

Lo más destacable es la potencia y la densidad del combustible. ya que a que estos motores diésel están diseñados para cargar ingentes cantidades de peso en movimiento, generan gran torque, estas unidades serán capaces de cargar más peso, sin que produzcan mucho esfuerzo, lo que pasaría con un motor gasolina. ((BY-NC), 2011)

#### **2.4.2 Contamina menos.**

La combustión a gasolina genera elevados niveles de dióxido de carbono, esto es un gran perjuicio a la atmosfera.

La combustión a diésel genera menor cantidad de gases emitidos que contaminan los de gasolina, así los primeros generan óxido de nitrógeno, gases principales de la lluvia ácida que también son perjudiciales, pero en menor magnitud al ambiente. ((BY-NC), 2011)

#### **2.4.3 Motor más resistente**

Los motores diésel generan más torque, ya que su labor principal es de generar mucha

fuerza para producir movimiento a la carga aplicada a él. ((BY-NC), 2011)

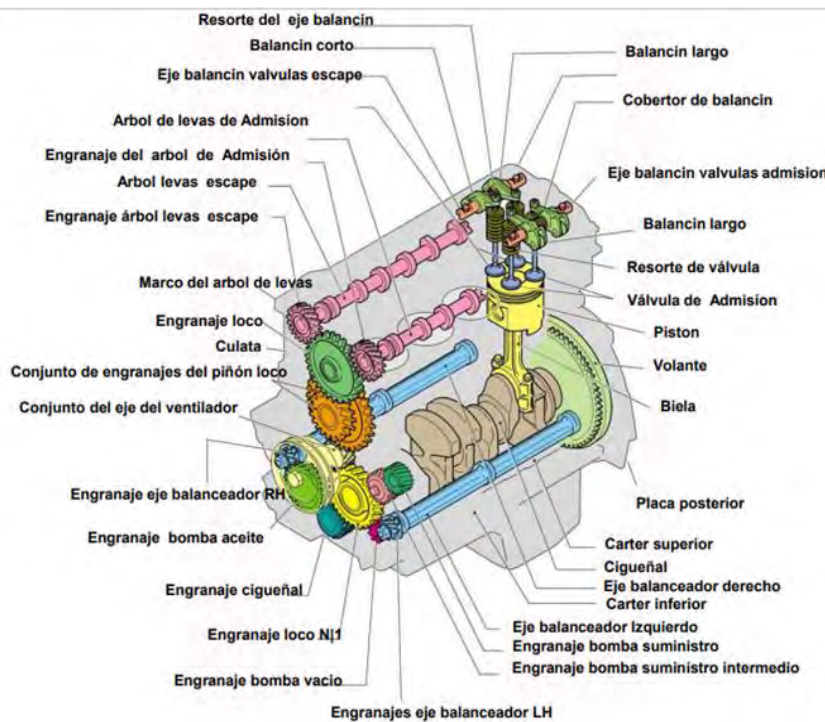
#### **2.4.4 Gran confiabilidad.**

Una mayor confiabilidad que los de gasolina, ya que el principio de funcionamiento de los motores diésel es más fácil que el de gasolina, tiene un número menor de piezas,

#### **2.4.6 PARTES PRINCIPALES DE MOTOR DIESEL DE 4 TIEMPOS.**

- **Bloque del motor:** parte de arriba en los que se sujetan las juntas de la culata. ((BY-NC), 2011)
- **Culata:** Es la pieza que cierra cada cilindro en la parte superior. ((BY-NC), 2011)
- **Cigüeñal:** Son un conjunto de manivelas pequeñas, una por cada pistón. ((BY-NC), 2011)
- **Pistones:** Son estructuras que se mueven de arriba hacia abajo, siendo elementos fundamentales del motor. ((BY-NC), 2011)
- **Árbol de levas:** Es el eje giratorio que se encarga de mover unas levas y permite distribuir el movimiento sincronizado en el motor. ((BY-NC), 2011)
- **Cárter:** Conocido también como sumidero. ((BY-NC), 2011)
- **Bomba inyectora:** Dispositivo que eleva la presión del combustible en el sistema de inyección hasta un nivel elevado. ((BY-NC), 2011)
- **Bomba de transferencia:** Es la que alimenta de forma constante la bomba inyectora, usando una presión específica.
- **Toberas:** Están encargados de introducir el gasoil pulverizado dentro de la cámara de combustión. ((BY-NC), 2011)
- **Bujías de precalentamiento:** Es un elemento que se usa para ayudar al motor diésel

Figura 10  
Partes del motor diésel



Fuente: [EngineParts@HeaviEquipmentRestorationParts.com](mailto:EngineParts@HeaviEquipmentRestorationParts.com)

## 2.7 SISTEMA DE LUBRICACION DE MOTORES DIESEL.

En el interior del motor hay muchas piezas que giran y rozan entre ellas. Estas realizan contacto directo, metal con metal, por lo que causaran fricción y por ende una pérdida de energía y dañarrotamiento debido a la fricción.

El sistema de lubricación distribuye el aceite a todo elemento que se friccionen, la lubricación añade aceite, una capa fina entre los componentes de fricción directa entre elementos metálicos. ((BY-NC), 2011)

La forma de filtración es del tipo de flujo completo y tal vez no exista un enfriador de características combinadas, como se muestra en la imagen, la circulación se dé la manera a continuación. ((BY-NC), 2011)



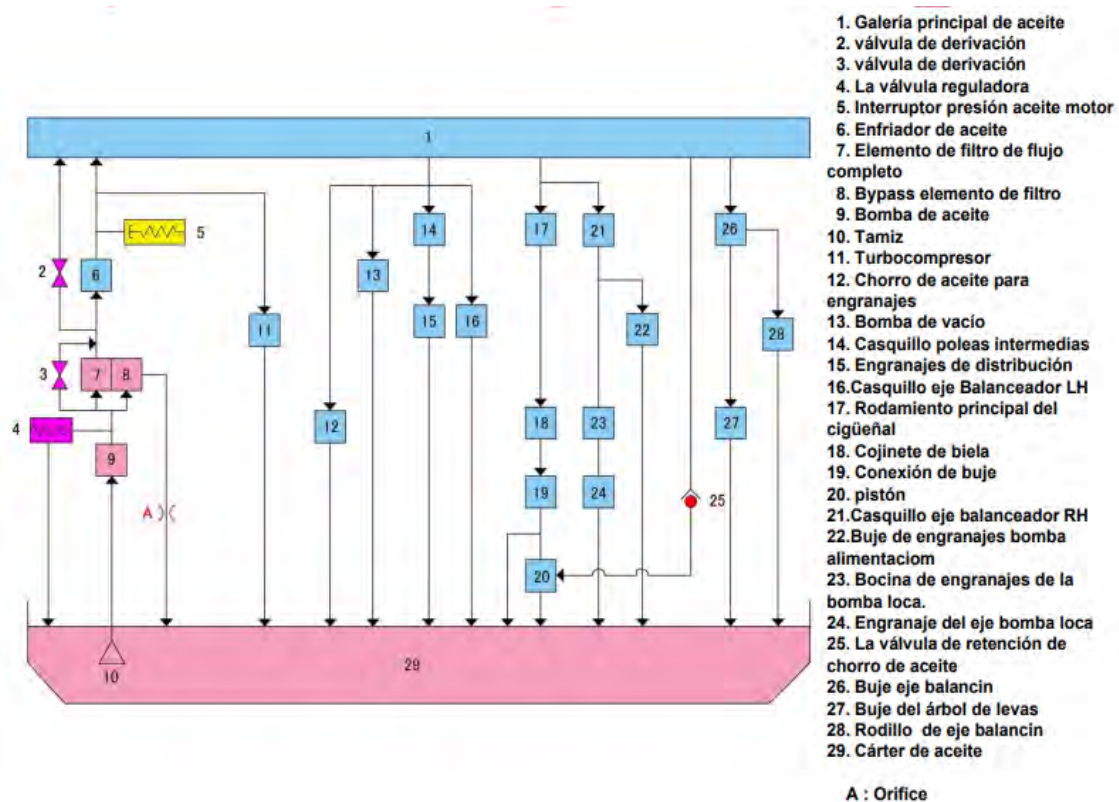


Figura 10  
 sistema de lubricación del motor 4M50 Mitsubishi  
 Fuente: EngineParts@HeaviEquipmentRestorationParts.com

En primer lugar, la bomba de aceite es encendida y distribuye el aceite que se encuentra en el cárter a través del colador de aceite, donde se agitan las partículas de primero de gran tamaño. ((BY-NC), 2011)

Se transfiere una gran parte del aceite presurizado al enfriador de aceite, donde se baja de temperatura. ((BY-NC), 2011)

Se transfiere parte al filtro de desvío y una vez filtrado retorna al cárter.

Se filtra una vez más el aceite del enfriador por el filtro de flujo completo, y ahí se envía el aceite en el bloque de cilindros. Es ahí donde se distribuye a cada sección del motor. ((BY-NC), 2011)

### 2.7.1. LA BOMBA DE ACEITE.

Esta bomba está sujeta y ubicada en el bloque de cilindros, unida firmemente mediante un tubo de aire al filtro de aceite y succiona el aceite del cárter de aceite para reenviarlo bajo alta presión a las partes de sección de lubricación. ((BY-NC), 2011)

Figura 11  
Bomba de aceite motor Mitsubishi 4M50  
Fuente: EngineParts@HeaviEquipmentRestorationParts.com

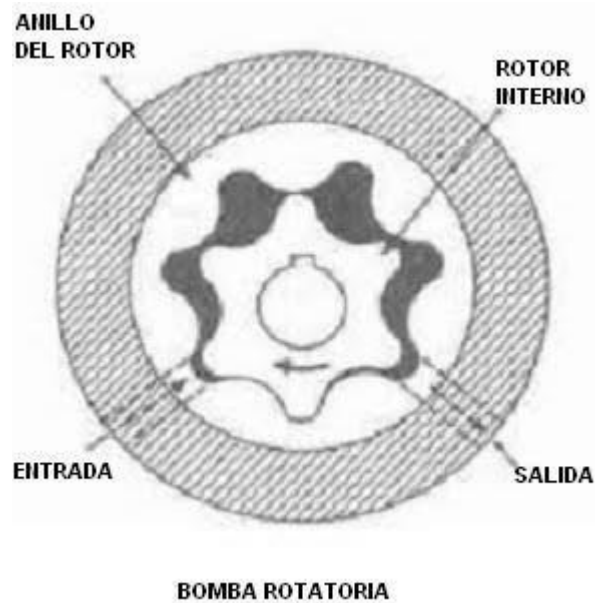
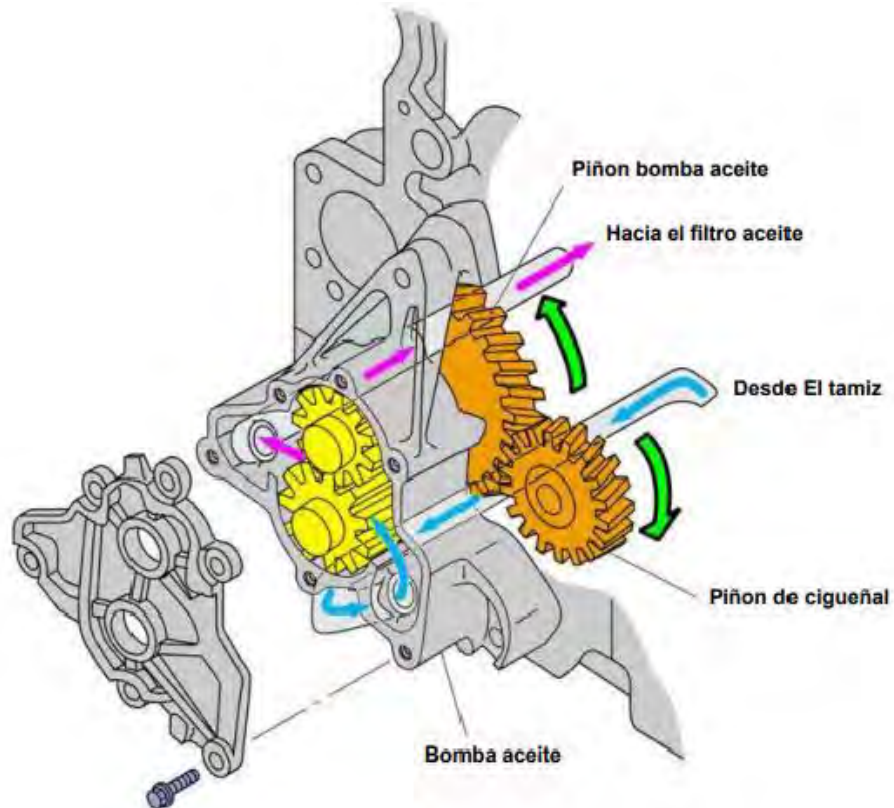


Figura 12  
Bomba rotatoria motor Mitsubishi  
Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.boschrexroth.com%2Fes%2Far>

## 2.8. PARTES DEL SISTEMA DE ACEITE.

El sistema de aceite diésel está determinado por:

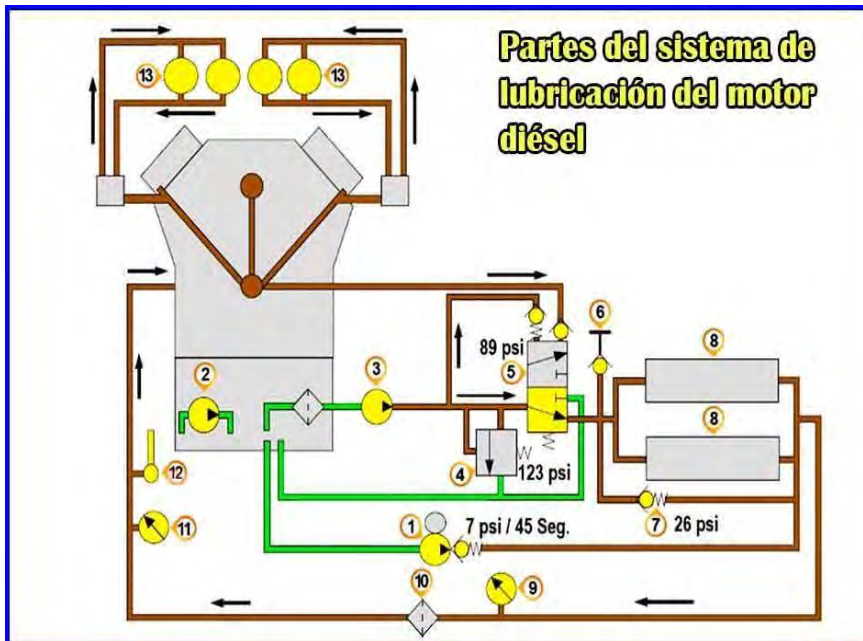


Figura 13  
Partes del sistema de lubricación del motor

Fuente: <https://cursodeequipopesado.online/motor-diesel/sistema-de-lubricacion/>

1. Bomba de pre lubricación.
2. Bomba de barrido.
3. Carter de motor.
4. Bomba de aceite de motor.
5. Válvula de alivio.
6. Válvula reguladora.
7. Puerto de muestreo de aceite.
8. Válvula de derivación.
9. Enfriadores de aceite de motor.
10. Manómetro de aceite sin filtrar
11. Filtro de aceite de motor.
12. Manómetro de aceite filtrado.
13. Sensor de temperatura.
14. Turbocompresor.
15. Rejilla de succión. ((BY-NC), 2011)

### 2.8.1. CÁRTER DEL MOTOR.

El cárter se ajusta a dos utilidades como la de almacenar el aceite del motor y a reducir la temperatura del aceite.

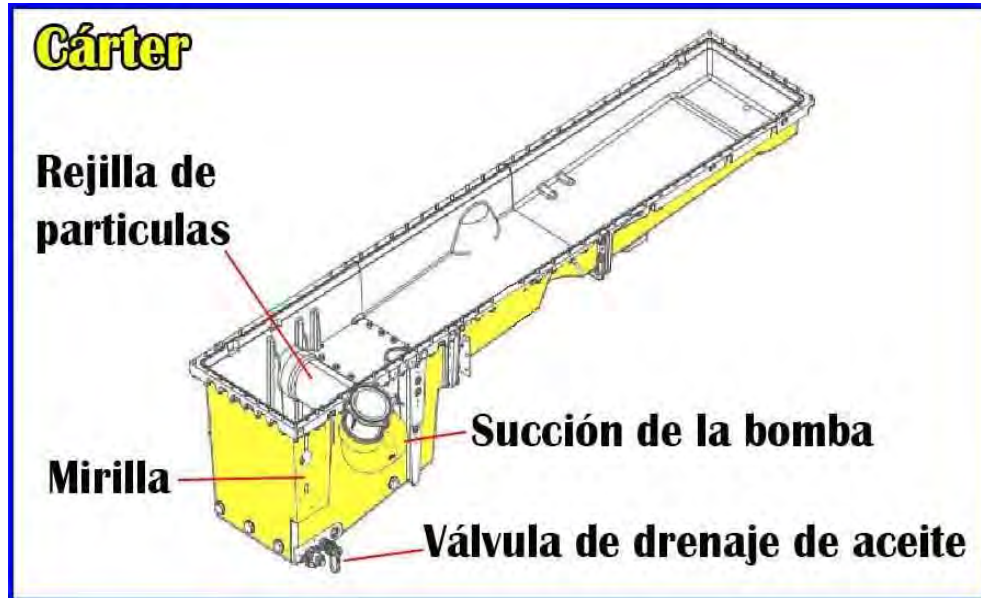


Figura 14  
Cárter del motor Mitsubishi 4M50  
Fuente: <https://cursodeequipopesado.online/motor-diesel/sistema-de-lubricacion/>

La forma instaure una parte delantera mucho más profunda que la posterior, para que no haya una elevación en el nivel de aceite que se vaya a la parte posterior de la bomba y se termine quedando sin aire.

### 2.8.2. BOMBA DE BARRIDO.

La característica primordial del sistema de bomba de barrido es como su nombre lo indica, bombear o empujar hacia adelante el aceite que se detiene en la parte trasera del cárter. Esta característica es crucial cuando el equipo se encuentra en una posición de elevación.

### 2.9.10. BOMBA DE ACEITE DEL MOTOR DIESEL

Este componente es destinado a dirigir todo el aceite del cárter a todas las partes del motor.

Esta bomba es de tipo de engranajes, en el interior de la tubería de succión de la bomba se halla una rejilla, esta no permitirá que ingresen objetos a la bomba de succión

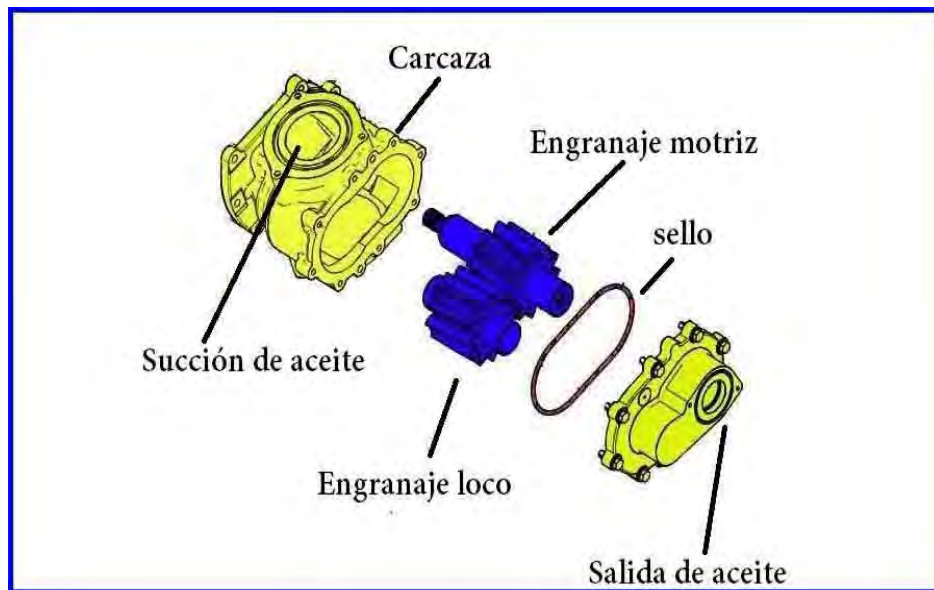


Figura 15  
Partes de la bomba de aceite

Fuente: <https://cursodeequipopesado.online/motor-diesel/sistema-de-lubricacion/>

### 2.9.11. BOMBA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DIÉSEL.

Esta bomba trabaja siempre con dos válvulas una a lado de la otra como son:

- 1.- La válvula de alivio
- 2.- La válvula reguladora de presión.

La válvula reguladora de presión establece la presión de trabajo de todo el sistema y cuando el aceite está frío con más propiedad de viscosidad, pasa gran cantidad al carter.

### 2.9.12. ENFRIADORES DE ACEITE DE MOTOR.

El aceite que transcurre de la bomba ingresa a los diferentes enfriadores con la finalidad de disminuir la temperatura del aceite en el sistema.

Los enfriadores requerirán de refrigerante o aire enfriado para disminuir la temperatura del aceite.

### 2.9.13. FILTRO DE ACEITE DE MOTOR.

Es el encargado de retener y colar las impurezas del aceite, estas impurezas se generan por el desgaste de los metales internos del motor e ingreso de partículas externas del medio ambiente como el zing.



## Filtro de Aceite

El filtro de aceite usado en este motor es lo último en la vuelta, el tipo de papel de filtro que incorpora un filtro de derivación y de flujo total filtrar.

• Una válvula de derivación está instalado en la parte inferior del filtro de aceite. Si se obstruyen los elementos de filtro, esta válvula se abre para permitir que el aceite del motor pase por los elementos de filtro y fluye directamente al radiador de aceite, evitando así ataques en la motor.

• Una válvula de regulador está instalado en la cabeza del filtro de aceite. Cuando la presión del aceite en la galería principal de aceite excede el especificado nivel, la válvula reguladora se abre para ajustar la presión de aceite mediante la devolución de parte del aceite de motor al cárter de aceite.

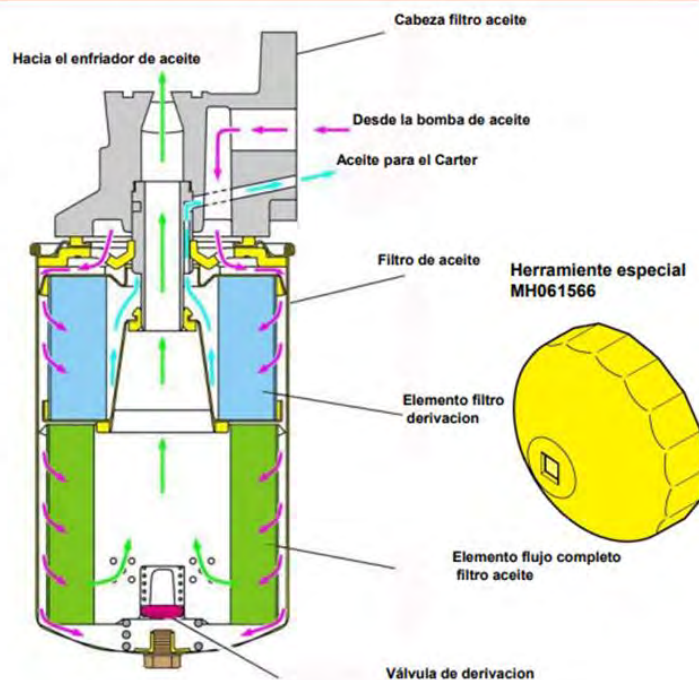


Figura16

Filtro de aceite de motor

Fuente: Mitsubishi Motor Co. 2021, manual de mantenimiento

### 2.9.14. FILTRO CENTRIFUGO DE ACEITE.

Este prolongara la vida útil del aceite y del motor diésel. El interior del filtro tiene una delgada lámina de papel que se pega a la carcasa que gira y el aceite penetra por el eje del centro, ya que la presión del aceite inicia a girar la parte exterior, pero cuando el lubricante choca con el papel de la carcasa es adherido a el hollín y contaminantes producidos por el aceite quemado

### 2.9. MANTENIMIENTO AL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

El mantenimiento programado al conjunto de lubricación del motor diésel se realiza cada 250 hr -500 hr, esta programación dependerá mucho del aceite que se esté cambiando, Aditivacion, etc. Originalidad del filtro y si esta adherido un filtro centrifugo.

Algunas de las principales acciones que se realizan en el mantenimiento.

- Reemplazo de filtros de aceite de motor.
- Reemplazo de elemento filtrante del filtro centrifugo.
- Cambio del aceite de motor.
- Revisar la rejilla de succión de la bomba.
- Revisar del filtro de motor.

- Recolección de muestras del aceite de motor.

### **2.9.1. FALLAS COMUNES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.**

Entre los principales fallos tenemos:

A.- Por la baja presión en el sistema de lubricación, podría tener los sig fallos.

- Fallos en sensor de presión de aceite.
- Rejilla de succión obstruida.
- El nivel de aceite se encuentra por debajo del normal,
- Presencia de fugas de aceite del motor.

B.- Filtro de aceite obstruido.

- Falla en el sensor de restricción del filtro de aceite del motor.
- Verificar el sensor del filtro obstruido.
- Cambiar el filtro de aceite para descartar posibles fallos.

C.- Altas temperaturas en el sistema de refrigeración.

- Fallos en el sistema de refrigeración.
- Obstrucción en el sistema de refrigeración.
- Verificar sistema de enfriamiento y sistema de enfriamiento del motor.

D.- Bajo nivel en el aceite del motor.

- Fallas en el sensor de aceite del motor o cableado de circuito.
- Fallo en la bomba de barrido.
- Nivel bajo de aceite de motor.

### **2.10. TRIBOLOGIA DEL LUBRICANTE EN MOTORES DIESEL.**

#### **2.10.1. ¿QUÉ ES TRIBOLOGÍA?**

Tribología deriva del término griego “TRIBOS”, el cual entenderse como “frotamiento o rozamiento”, La definición de la se entiende como, “la ciencia del rozamiento”.

Se definen a la Tribología como la ciencia que estudia aquellos procesos que interactúan dos superficies en fricción.

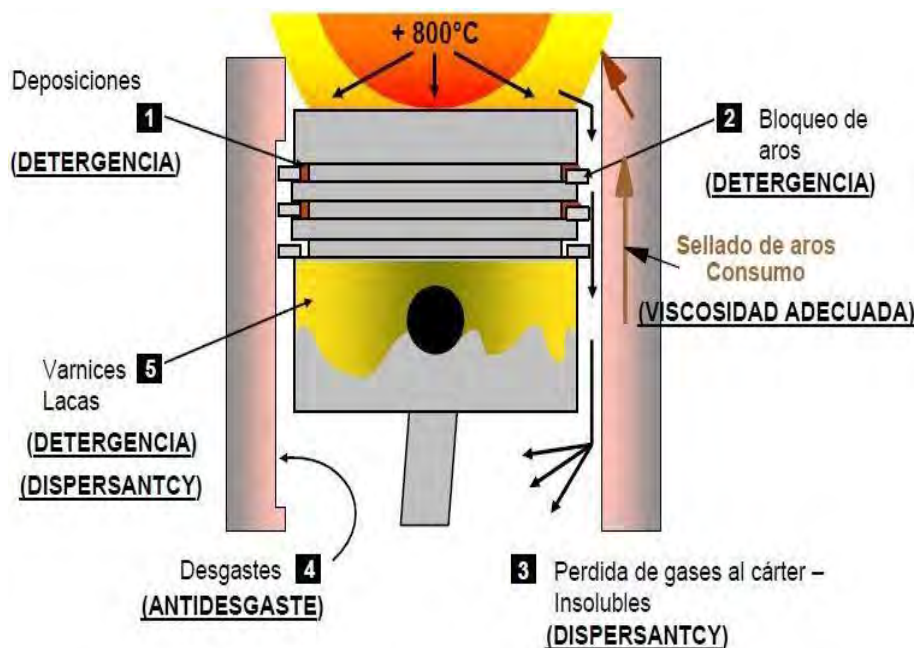


Figura 17  
 Frotamiento y rozamiento de un pistón  
 Fuente: <https://images.app.goo.gl/i8yH7DwmtygKAA529>

### 2.10.2. ANALISIS OPERACIONAL.

La Tribología explica el arte de aplicar procesos de análisis operacional a dificultades de elementos metálicos, así como: confiabilidad, mantenimiento, y desgaste de la maquina técnica, aplicado en todas las áreas de la mecánica de materiales.

### 2.10.3. ENFOQUE

La Tribología se enfoca en tres grandes fenómenos; la fricción entre dos cuerpos en movimiento relativo, el desgaste como un efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio aislante para evitar el desgaste.

### LA TRIBOLOGÍA COMO APLICACIÓN DE LA CIENCIA

- Descubrimiento de aleaciones para disminuir el desgaste.
- Variación de geometrías para minimizar la fricción y desgaste
- Otros químicos para minimizar la fricción y desgaste
- Otros métodos de procesos de fabricación para obtener superficies más óptimas
- Estudios a nivel molecular y con levitación magnética (nanotribología)
- Otras formas filtrantes, medios de filtración



## LA TRIBOLOGÍA COMO TECNOLOGÍA APLICADA

- El nuevo enfoque de análisis de formación de partículas del desgaste
- Verificación en la forma y modo de los aceites
- Otros métodos para reducir el desgaste, (evaluación de los contaminantes en la filtración.
- Reconocidos métodos de lubricación
- Análisis reconocidos de los lubricantes
- Formas de ensayo al verificar el desgaste de los motores o componentes
- Mejoras en la calidad en los sistemas de filtración

### 2.10.4. LA CADENA TRIBOLOGICA DEL DESGASTE

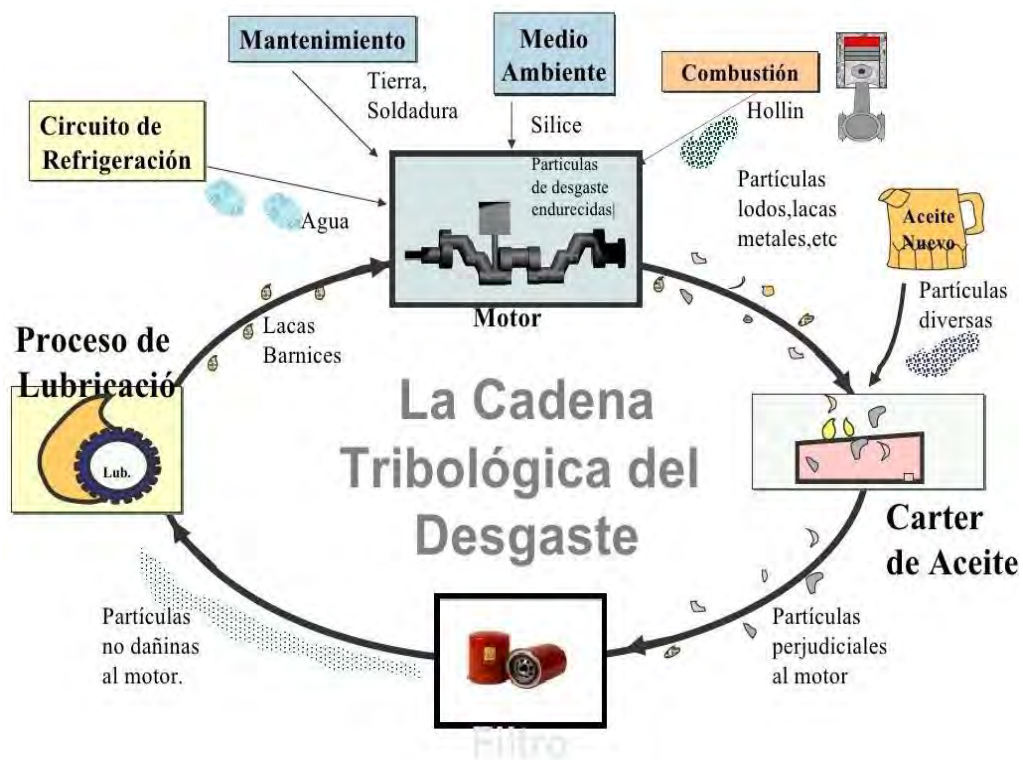


Figura 18

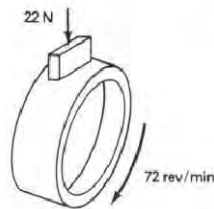
Cadena tribológica del desgaste

Fuente: <https://www.slideshare.net/jcuadros/filtracion-tribologia-y-desgaste-de-motores-parte-1>

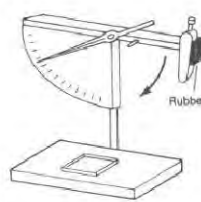


## Pruebas Estandarizadas ASTM para Investigaciones Tribológicas

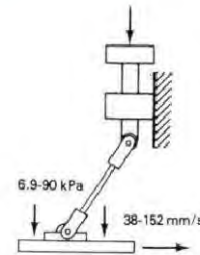
- 1.- Movimiento
- 2.- Geometría de Contacto
- 3.- Tipo de Carga
- 4.- Angulo de Ataque



ASTM G77



ASTM E303



ASTM F609

Figura 19  
pruebas estándares ASTM para investigaciones tribológicas  
Fuente: American Society For Testing And Materials

### 2.12 FUNDAMENTOS TEORICOS

### 2.13. ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA LUBRICACIÓN

La tribología es la ciencia de las interacciones entre dos o más superficies que se mueven relativamente en relación una con la otra. (2020., 2022)

#### 2.13.1. FRICCIÓN.

Es la fuerza que se opone o resiste al movimiento relativo entre dos piezas que se friccionan entre si o se mueven en sentidos opuestos o contrarios

### 2.14. TIPOS DE LUBRICANTES.

Un aceite este compuesto por un líquido viscoso que se usa para lubricar. Se compone de una parte de aceite base (mineral/petróleo, sintético o vegetal) y aditivos, que protegen la superficie del metal.

El aceite base tendrá viscosidad, y es importante usar el porcentaje ideal para la aplicación correcta. También se califica la cantidad de la grasa, desde 0 a 6, siendo el más común 2. Los espesadores tienen características de desempeño muy especiales de acuerdo al aceite que se quiera diseñar.

### **2.14.1. REGÍMENES DE LUBRICACIÓN**

Los lubricantes funcionan en 4 aspectos enlazados con el espesor de la película. La lubricación de límite o frontera, la lubricación de película mixta, la lubricación hidrodinámica, y lubricación elasto-hidrodinámica.

### **2.14.2. LA LUBRICACIÓN DE LÍMITE O FRONTERA.**

Es la superficie total de contacto, No hay ninguna separación por el lubricante, y las asperezas están en contacto completo. Esto siempre sucederá durante el arranque de motor y mala lubricación. Si encuentra mucho cobre o níquel en su muestra de aceite, se puede deber a la lubricación de límite.

### **2.14.3. LA LUBRICACIÓN DE PELÍCULA MIXTA**

### **2.14.4. LA LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA**

Es una delgada capa de fluido que divide dos superficies así no haya contacto entre ellos. La carga es soportada por la capacidad de la película de lubricante y la viscosidad. con el espesor de la película entre 5–200 micrones.

### **2.14.5. DESGASTE.**

Cuando falla el lubricante tenemos desgaste. El desgaste es la pérdida de material de las superficies en movimiento relativo. La superficie se dañará, erosiona o destruye catastróficamente a causa de la fricción.

Los seis principales tipos de desgaste que vemos en nuestras máquinas son abrasivo, adhesivo, fatiga, erosivo, corrosivo, y cavitación. 82% del desgaste mecánico es causado por contaminación de partículas, como suciedad, sílice, polvo de carbón, ceniza, y metal. (Wepster, 1875)

#### **2.14.6. VISCOSIDAD.**

El factor lubricante principal para prevenir la fricción y desgaste es la viscosidad. La viscosidad es la medición de la resistencia de un fluido al flujo. La viscosidad correcta es el factor determinante para mantener la fuerza de la película de lubricante. Una alta carga normalmente requiere de una lubricación de mayor viscosidad. Una alta temperatura también requiere una lubricación de mayor viscosidad. Una aplicación de alta velocidad requiere una lubricación de menor viscosidad.

Hay unos cuantos factores clave que debemos recordar al seleccionar la viscosidad correcta del lubricante. Carga ambiente, temperatura y velocidad. (Llewellyn)

### **2.15. FALLOS Y MODOS DE FALLO EN MATERIALES**

#### **2.15.1. LOS FALLOS Y MODOS DE FALLO.**

La pérdida de propiedades de un producto o material, provocará una serie de efectos que será necesario indagar para poder solucionarlos. Se realizará el análisis que es el término modo de fallo y cuáles son los tipos de fallos que se pueden producir en los materiales.

#### **2.15.2. ¿QUÉ SIGNIFICA MODO DE FALLO O FALLO DE MATERIAL?**

Un fallo es la ruptura de un objeto o material, ya sea de metal, hormigón, plástico, etc., debido a diversos factores que afectan a la resistencia, la estabilidad y la composición química de la estructura. Las razones de los fallos pueden ser múltiples, como por ejemplo corrosión, fatiga o desgaste, entre otras causas. Por este motivo, el diseño de un componente o estructura a menudo requiere que el ingeniero minimice la posibilidad de fallo, ya que cuando el componente de un producto sufre un fallo, bien sea rotura o cambio de forma, deja de poder realizar la función que se les había asignado.

Las causas habituales de los fallos son la selección y el procesamiento inadecuados de los materiales y el diseño inapropiado del componente o su mal uso. En este supuesto debemos entender qué ha provocado el fallo para poder corregirlo y evitar que se repita. Para ello el mejor método que se puede utilizar es el análisis modal de fallos y efectos. (Llewellyn)

#### **2.16. FALLAS ASOCIADAS A LA LUBRICACIÓN.**

El principal objetivo de la lubricación es la de reducir el rozamiento entre las superficies con movimiento relativo entre ellas y con ello el desgaste. Evidentemente

las consecuencias que se derivan de un desgaste excesivo son: avería total, molestias al usuario, pérdidas de Potencia y reducción de la vida útil del equipo (Tormos Bernardo, 2005 pág. 42).

Tabla 6

Tipos genéricos de desgaste asociados al motor

PARTE	Adhesivo	Corrosivo	Abrasivo	Fatiga	Erosivo
Camisas, segmentos , pistones	X	X	X		
Levas, Empujadores y Balancines	X	X	X	X	
vástago, Guia de Válvula	X		X		
Apoyo y asiento de válvula			X		
Engranajes de distribución	X		X	X	
Muñones		X	X	X	X
Cojinetes		X	X		X
Bomba de aceite	X		X	X	
Bomba de Combustible	X		X	X	
Bomba de Inyección	X			X	

Fuente: TORMOS B.- Diagnóstico de motores diésel mediante análisis de aceite.

## 2.17. FALLA POR DESGASTE

El desgaste es un fenómeno físico que conduce a una pérdida o deformación del material, puede ser del tipo abrasivo o adhesivo y está fuertemente vinculada con la presencia de impurezas en el lubricante y condiciones fuera del rango de servicio (<http://noria.mx/lublearn/mecanismos-basicos-de-desgaste/>).

### 2.17.1. DESGASTE ABRASIVO:

Es el desgaste más común en equipos o maquinas lubricadas, la presencia de deterioro con elementos y la rugosidad de las paredes producen cizalladura y pérdida de material a dos superficies que interactúan una con respecto a la otra (<http://noria.mx/lublearn/mecanismos-basicos-de-desgaste/>).



Figura 20  
Tabla del desgaste adhesivo  
Fuente: <http://noria.mx/lublearn/mecanismosbasicos-de-desgaste/>

### 2.22.2. DESGASTE ADHESIVO:

Este desgaste se define como la transferencia de elemento metálico de una superficie en contacto hacia la otra. Ocurre siempre exista altas cargas, altas presiones o altas temperaturas harán las porosidades de las dos superficies metálicas en movimiento relativo, se adhieran, se unan inmediatamente y luego se separen, rompiendo el metal en pequeñas y partículas.



Figura 21  
causa del desgaste adhesivo  
Fuente: <http://noria.mx/lublearn/mecanismos-basicos-de-desgaste>

### 2.22.3. FALLA POR FATIGA SUPERFICIAL

Esta falla empieza con la reducción de lubricación y una pérdida de la película del lubricante. La película del lubricante reduce la fluidez a límite o mixta. Entonces ocurre el contacto metal - metal el cual genera un daño en la superficie. Los puntos más altos elevados de la superficie se van eliminando lo que al principio da la apariencia de una superficie esmerilada (NORIA, 2021)

(<http://noria.mx/lublearn/mecanismos-basicos-dedesgaste>)

### 2.22.4 CORROSIÓN.

La corrosión es un proceso de desgaste que puede manifestarse en dos tipos, humedad y por fricción. En ambos casos se refiere a una pérdida o remoción del material producida por un ataque químico. (NORIA, 2021)

#### 2.22.4.1. CORROSIÓN HÚMEDA.

La corrosión húmeda debido a la pérdida o remoción del material a causa de una reacción química oxidativa de la superficie del metal.

En presencia del agua, se acelera por el incremento de temperatura. La corrosión es a menudo ocasionada por el incremento de contaminación del aceite en servicio.

#### 2.22.4.2. CORROSIÓN POR FRICCIÓN.

Una forma de desgaste producida por micro vibraciones, no necesariamente por *contacto con el agua*.



Figura 22  
Mecanismo de desgaste por corrosión

Fuente <http://noria.mx/lublearn/mecanismosbasicos-de-desgaste/>

### 2.22.5. EROSIÓN.

La erosión se considera como una forma de desgaste abrasivo. Que curre principalmente a gran velocidad donde las partículas sólidas en contacto con la corriente y que han entrado al fluido lubricante golpean sobre la superficie erosionándola.

La velocidad del fluido tiene una gran influencia en esta tasa de desgaste.

(<http://noria.mx/lublearn/mecanismos-basicos-de-desgaste>

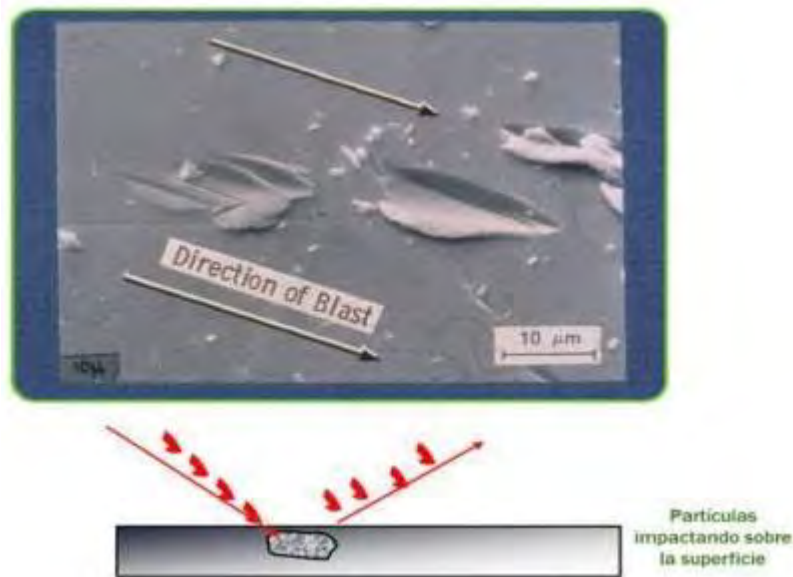


Figura 23  
mecanismo de desgaste por erosión

Fuente: <http://noria.mx/lublearn/mecanismosbasicos-de-desgaste/>

### 2.22.6. CAVITACIÓN.

Este proceso está asociado a la erosión donde burbujas de vapor se encuentran en el lubricante, formadas en las regiones de baja presión, implotan cuando entran en la zona de alta presión en los sistemas de lubricación, la implosión puede ser tan poderosa que puede generar huecos o picaduras en metales endurecidos. (NORIA, 2021)

(<http://noria.mx/lublearn/mecanismos-basicos-de-desgaste/>





Figura 24  
Mecanismo por desgaste por cavitación.

Fuente: [http://noria.mx/lublearn/mecanismos\\_básicos-de-desgaste/](http://noria.mx/lublearn/mecanismos_básicos-de-desgaste/)

## 2.23. ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DIÉSEL.

El lubricante de un motor Diesel debe desarrollar diferentes funciones a fin de desarrollar una lubricación óptima y eficiente, además de reducir la fricción y el desgaste, como también mantener sin impurezas y libre de herrumbre y corrosión; deberá de actuar como enfriador y sellador. El lubricante disminuirá la fricción de los componentes internos, dentro del rango de temperaturas y presiones de efectiva operación del motor diésel, así mismo debe de ser capaz de soportar condiciones adversas de contaminación por agua, polvo, combustibles y contaminantes externos. (NORIA, 2021)

### 2.23.1 COMPOSICIÓN DE LOS LUBRICANTES.

Los lubricantes derivados del petróleo o aceite base, por lo general se mezcla con otros aditivos los cuales mejoran las propiedades del lubricante final, estos productos químicos servirán sustancialmente y resaltar muchas características relacionadas con el rendimiento del lubricante, mejoran la viscosidad, la capacidad de resistir elementos contaminantes y cargas de cizallamiento durante la lubricación. (Tormos Bernardo, 2015)

### 2.23.2. ACEITE BASE.

El aceite base comúnmente está formado por productos derivados del petróleo, Son

aceptadas 3 partes divisorias, parafínico (de cadena lineal), nafténicos (ciclo parafinas) y de base mixta, estos términos hacen referencia a la estructura molecular de los componentes preponderantes (*Tormos Bernardo, 2005 pág. 48*).

#### **2.23.4. ADITIVOS.**

Se consideran aditivos a todas las sustancias que unidas al lubricante en pequeñas proporciones ayudan a mejorar sus propiedades o características básicas. Los aceites de motor contienen cantidades importantes de aditivos hasta un 20%, se presentan a continuación los aditivos característicos utilizados en lubricantes para motor (*Tormos Bernardo, 2005 pág. 56*).

- Depresores del punto de congelamiento
- Mejoradores del índice de viscosidad
- Antioxidantes
- Aditivos detergentes
- Aditivos dispersantes
- Aditivos anti desgaste
- Aditivos de Extrema Presión

#### **2.24. CLASIFICACIÓN DE LUBRICANTES PARA MOTORES DIÉSEL.**

La clasificación de los lubricantes para motores a combustión Diesel está clasificado por dos principales áreas, el primero se clasifica según el grado de viscosidad del aceite y el segundo según las propiedades y características técnicas del lubricante.

#### **2.25. CLASIFICACIÓN DE VISCOSIDAD SAE.**

En toda la gama de lubricantes para motores de combustión interna la SAE, clasifica la viscosidad para uso de motores diésel, gasolina y gas. Especificada por la norma SAE J-300-09, ver fig. la cual contempla 11 grados de viscosidad partidos en grados de invierno(W) y verano, comprendidos para altas y bajas temperaturas

Grado de Viscosidad SAE	Viscosidad a Baja Temperatura (°C) , cP		Viscosidades en alta temperatura (°C)		
	Máx. Arranque	Máx. de Bombeo (Sin esfuerzo)	Cinemática (cSt) a 100°C mín.	Cinemática (cSt) a 100°C máx.	Alta Tasa de Corte (cP) a 150°C D4683, D4741 y D5481
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8	-	-
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8	-	-
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1	-	-
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6	-	-
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6	-	-
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	<12,5	2,9
40	-	-	12,5	<16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12,5	<16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

Figura 25

Clasificación SAE j-300

Fuente: <http://noria.mx/lublearn/entendiendo-losgrados-de-viscosidad-sae-para-lubricantes-de-motor/>

## 2.26. CLASIFICACION API.

El instituto del petróleo API clasifica al lubricante por el nivel de la tecnología empleado en el diseño de estos y va junto con el diseño del motor, se designa con la letra S para motores a gasolina y C para motores a combustión de diésel, especificando la tecnología según el alfabeto

API SN para Motores a Gasolina y la API CK-4 para motores a diésel. (NORIA, 2021)

## 2.27. CLASIFICACIÓN API DE ACEITES BASE AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.

- Grupo I: refinación con solvente, formulaciones automotrices para diseñar grasas
- Grupo II: Hidrocracking moderado y eliminación de cera.
- Grupo III: hidrocracking fuerte, altos índices de viscosidad, buena estabilidad térmica y antioxidante.
- Grupo IV: bases sintéticas tienen bajos índices de fluidez y altos de viscosidad.
- Aceites que no están incluidos en ninguna categoría como los poliglicoles, ésteres y nafténicos.

La nomenclatura C es para los motores diesel.

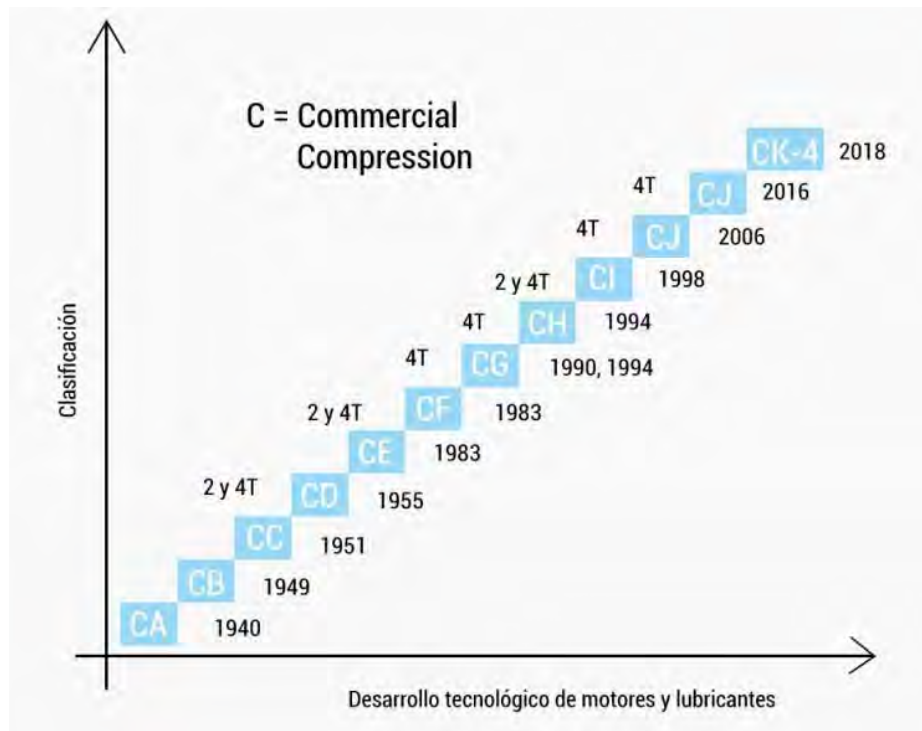


Figura 26  
 Desarrollo tecnológico de aceites  
 Fuente: Copyright © 2019 Garaje Gulf Ecuador. <https://www.garagegulf.com/productos-gulf>

## 2.28. PROPIEDADES PRINCIPALES DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Los lubricantes están caracterizados por una serie de propiedades, para su clasificación de aceites y grasas. Dado el contexto de los diferentes tipos de lubricantes pocas son aplicables a ellos.

La lubricación consiste en una desunión de partes en movimiento, cuanto una esté más cerca la una de la otra, la lubricación tiende a jugar un papel más importante. El lubricante atraviesa por todo el circuito junto con el refrigerante. Los lubricantes tienen características y porque se combinan con los líquidos refrigerantes. El aceite está en contacto directo por todos los conductos del motor, en contenedores cerrados y semi-herméticos; es por ello que deben soportar altas temperaturas y no ser perjudicial al refrigerante y la máquina. Además, debe conservar una viscosidad adecuada, para permitir una lubricación óptima. (Llewellyn)

### 2.28.1. VISCOSIDAD.

Es la resistencia a fluir que tienen los líquidos. La viscosidad nos indica qué tanto puede fluir un aceite a una temperatura dada. Los aceites se vuelven menos viscosos al aumentar la temperatura, y más viscosos a bajas temperaturas.

Esto es muy importante, ya que, en el evaporador, se tienen las temperaturas más bajas del sistema; y si un aceite es demasiado viscoso, se espesará y no fluirá a través del evaporador, acumulándose dentro de éste y disminuyendo la transferencia de calor.

El propósito del aceite, como ya se mencionó, es lubricar las partes móviles del motor, si el aceite es demasiado ligero (baja viscosidad), no permanecerá entre las superficies de estas partes, sino que se saldrá, dejándolas sin película protectora. Si el aceite es demasiado viscoso, causará una excesiva resistencia, pérdida de fuerza y puede no ser capaz de fluir entre las partes móviles. (NORIA, 2021)

La viscosidad de los aceites para refrigeración, también se ve afectada por su miscibilidad con los refrigerantes. Esta miscibilidad del aceite con los refrigerantes, varía desde no ser miscibles, como con el amoníaco, hasta ser completamente miscibles, como en el caso del R-12. (NORIA, 2021)

Hay varias maneras y unidades para expresar la viscosidad de los fluidos, según el método que se utilice para determinarla:

Viscosidad absoluta \_\_\_\_\_ Poises.

Viscosidad cinemática \_\_\_\_\_ centiStokes (cSt).

Viscosidad Saybolt \_\_\_\_\_ Segundos Saybolt  
Universales (SUS).

En la actualidad, la Organización Internacional de estandarización ISO (International Standardization Organización), ha determinado que la viscosidad de los aceites industriales, se exprese en CentiStokes a una temperatura de 40°C. Sin embargo, algunos fabricantes de aceites aún utilizan las unidades en SUS. (NORIA, 2021)

ACTUAL		OBSOLETA
VISCOSIDAD ISO EN cSt		VISCOSIDAD EN SUS A 40°C
40°C	100°C	
32	5.6	150
46	7.5	200
68	9.4	300
100	11.3	500

Figura 27  
relación de viscosidad entre la actual y la antigua

Fuente: <https://www.climasmonterrey.com/que-propiedades-tienen-los-aceites-lubricantes>



Figura 28  
Máquina para verificar la viscosidad

Fuente: <https://www.climasmonterrey.com/aceites->

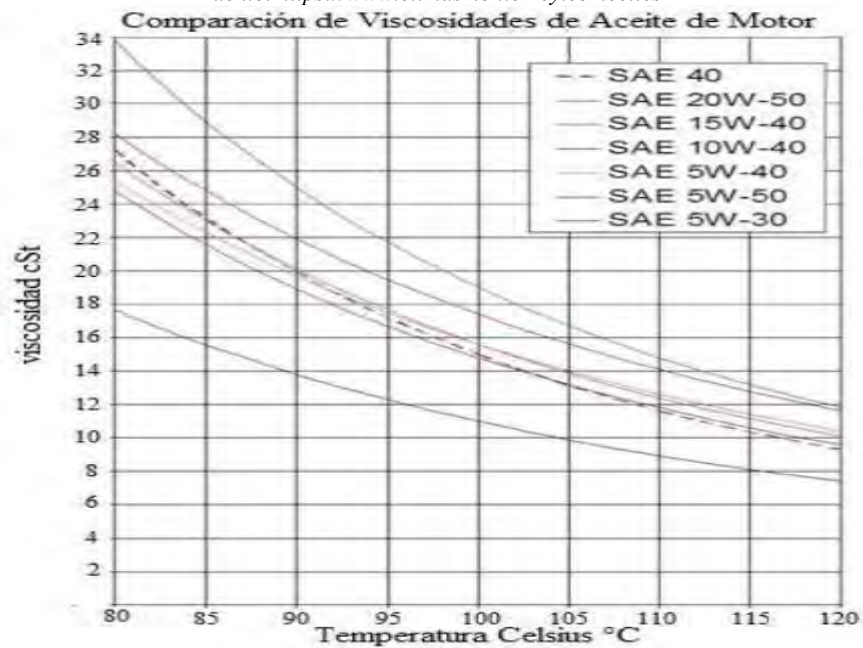


Figura 29  
Viscosidad para motore diésel

Fuente: [https://www.widman.biz/Seleccion/gr-motores\\_files/viscosidad-aceite-motormanejando.jpg](https://www.widman.biz/Seleccion/gr-motores_files/viscosidad-aceite-motormanejando.jpg)

### **2.28.2. BASICIDAD Y ACIDEZ.**

La acidez o alcalinidad de un lubricante se expresará por el número de neutralización respectivo, el cual se refiere como la cantidad equivalente de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) que se requiere para neutralizar el contenido de ácido o base de un gramo (g) en condiciones normales. En un aceite se tendrá simultáneamente datos de acidez y alcalinidad. Esto es debido al carácter ácido y básico de sus componentes, tales como productos de la oxidación (ácidos) o aditivos detergentes (básicos). Estas sustancias están en proporción lo bastante baja como para no neutralizarse mutuamente (Tormos Bernardo, 2005)

*(Tormos Bernardo, 2005 pág. 88).*

### **2.28.3. DETERGENCIA Y DISPERSIÓN.**

La misión de estos aditivos será una constante limpieza del sistema de lubricación reduciendo a formación de lodos y barnices en las paredes del sistema. Los aditivos dispersantes evitaban el aglutinamiento de los residuos de hollín mientras que los detergentes reducen la formación de depósitos en los pistones y anillos. (Tormos Bernardo, 2005)

*(Tormos Bernardo, 2005 pág. 91).*

### **2.28.4.- PUNTO DE ESCURIMIENTO.**

Es la Temperatura más baja por donde puede un aceite. Por definición, el punto de escurrimiento es 3°C mayor que la temperatura a la cual el aceite cesará totalmente de fluir; es decir, el punto de escurrimiento es 3°C, arriba de la temperatura de congelación del aceite. (Tormos Bernardo, 2005)

El punto de escurrimiento en los aceites para refrigeración, explícitamente, dependen del contenido de cera y de la viscosidad. En el caso de aceites de la misma viscosidad, este valor va en relación del contenido de cera. (Tormos Bernardo, 2005)

Con todos los refrigerantes, algo de aceite se pasa al evaporador. Por poco que sea, este aceite debe retornar al compresor, pero para que esto suceda, debe ser capaz de circular por todo el sistema. (Tormos Bernardo, 2005)

32 cSt (150 SUS)		68 cSt (300 SUS)	
Minerales	Sintéticos	Minerales	Sintéticos
menos de -35°C	menos de -55°C	menos de -30°C	menos de -35°C

Figura 30  
propiedades de los aceites lubricantes  
Fuente: <https://www.climasmonterrey.com/que-propiedades-tienen-los-aceites-lubricantes>

Los valores recomendados de punto de escurrimiento de aceites para refrigeración son:

### 2.28.5. PUNTO DE FLOCULACIÓN.

Es la temperatura a la cual un aceite empieza a flocular (formar depósitos de cera). Un buen aceite para refrigeración, no debe flocular al ser expuesto a las más bajas temperaturas, que normalmente se encuentran en los sistemas de refrigeración. (Tormos Bernardo, 2005)

Todos los aceites para refrigeración contienen algo de cera parafinica, algunos más que otros. La solubilidad de esta cera disminuye con la temperatura. Cuando a una mezcla de aceite y refrigerante se le disminuye su temperatura, la solubilidad de la cera en el aceite disminuye, hasta que, a cierta temperatura, el aceite no puede mantener disuelta toda la cera, y parte de la misma se separa y se precipita. (Tormos Bernardo, 2005)

Los aceites para refrigeración deben tener puntos de floculación bajos. Los valores recomendados son: -51°C o menor para aceites utilizados con HCFC y HFC. Para aceites utilizados con amoníaco, no se exige esta prueba.



Figura 31  
Equipo de floculación  
Fuente: <https://www.edibon.co>



## 2.28.6. PUNTO DE INFLAMACIÓN Y PUNTO DE IGNICIÓN.

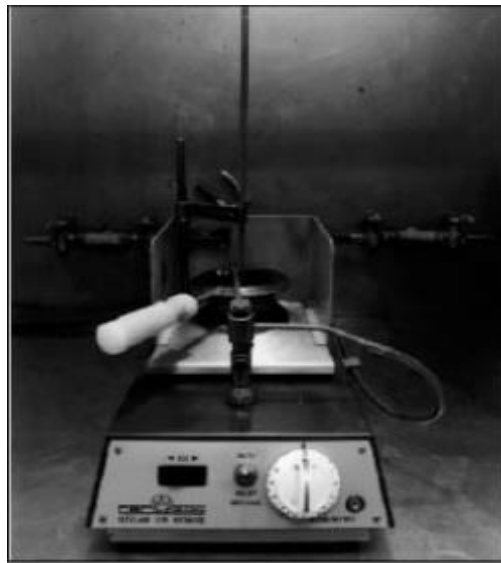
Estos valores son de poco significado en sistemas de refrigeración, excepto con refrigerantes como amoníaco, bióxido de azufre y cloruro de metilo. (Tormos Bernardo, 2015)

Si un aceite tiene puntos de inflamación y de ignición altos, es la mejor indicación de que no contiene volátiles. Es posible mezclar una pequeña cantidad de aceite de gran viscosidad, con una cantidad mayor de aceite de baja viscosidad, y obtener una viscosidad aceptable. Cuando realmente el aceite de baja viscosidad es inferior, se incendiará bajo uso normal a bajas temperaturas. Así, un aceite con valor alto de estas características, es un medio de evitar mezclas de inferior calidad. Afortunadamente, esto puede descubrirse fácilmente, mediante la prueba de los puntos de inflamación e ignición.

### **Punto de Inflamación Punto de Ignición**

Para una Viscosidad 32 (150 SSU) más de 163°C por encima de 182°C

Para Viscosidad 68 (300 SSU) más de 171°C por encima de 193°C



*Figura 32  
aparato para verificar los puntos de inflamación en aceites*

*Fuente: <https://www.climasmonterrey.com/que-propiedades-tienen-los-aceites-lubricantes>*

### **2.28.7. RIGIDEZ DIELECTRICA.**

Es la medida de la resistencia de un aceite al paso de la corriente eléctrica. Se expresa en kilovoltios (kV = miles de voltios) de electricidad requeridos para saltar una distancia de una décima (1/10) de pulgada de ancho, entre dos polos sumergidos en el aceite. (NORIA, 2021)

Un óptimo aceite para mantener una refrigeración adecuada deberá tener una rigidez dieléctrica de 25 kV, o mayor, para el rango de las viscosidades. Este valor es importante, ya que es una medida de impurezas dentro del aceite, tales como humedad, metales disueltos o suciedad. Si el aceite está libre de materias extrañas, tendrá un valor de rigidez dieléctrica alto. Si el aceite contiene ~~impurezas~~ sustancias, su resistencia al paso de la corriente eléctrica será mucho más baja.

### **2.28.8. NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN.**

Es la cantidad de ácido natural concentrado en un aceite. La mayoría de los aceites lubricantes contienen elementos de composición química incierta y diversa, en tal sentido reaccionaran con sustancias alcalinas. (NORIA, 2021)

### **2.28.9. PESO ESPECÍFICO.**

El proceso único es para obtener el peso de un litro de aceite, sin que haya necesidad de pesarlo.

### **2.28.10. TENDENCIA A LA CORROSIÓN.**

La tendencia a la corrosión de un aceite para refrigeración, es cuanto azufre contiene, ya que provocan corrosión en primer lugar a las paredes superficiales dentro del motor.



*Figura 33  
Equipo empleado para medir el porcentaje de azufre*

*Fuente: <https://www.climasmonterrey.com/que-propiedades-tienen-los-aceites-lubricantes>*

### **2.28.11. HUMEDAD.**

La humedad en toda forma es un elemento perjudicial de los componentes de refrigeración. La humedad facilita a formar ácidos, lodos y a congelarse dentro del motor. Ningún aceite para refrigeración debe contener altos índices de humedad suficiente como para afectar al motor, un aceite deberá ser tan seco, como sea posible. La cantidad de humedad que contiene un aceite, se expresa en partes por millón (ppm). Un aceite nuevo normalmente tiene como máximo 30 ppm de agua. Esta cantidad podrá aumentarse durante el envasado, traslado y almacenamiento, por ningún motivo se deberá mantener expuesto al medio ambiente o abierto los envases.

### **2.28.12. COLOR.**

El color del aceite para refrigeración será determinado por luz transmitida, y se expresa por un valor numérico, basado en una comparación con una serie de colores estándar. El color apropiado que debería tener un aceite para refrigeración, fue materia de discusión durante mucho tiempo. Sin embargo, el consenso general se ha inclinado más hacia los aceites de colores más claros, casi tan claros como el agua. (NORIA, 2021)

Si un aceite se refina en exceso, tomará un color casi tan claro como el agua, pero su cualidad lubricante será muy baja. Si no se refina lo suficiente, el aceite tendrá un color oscuro, debido al alto contenido de hidrocarburos insaturados. Por lo tanto, el aceite se debe refinar lo suficiente para eliminar estos hidrocarburos, pero no tanto como para destruir sus cualidades lubricantes. (NORIA, 2021)

Trabajos recientes han demostrado que los aceites de colores más claros, poseen mayor estabilidad que los oscuros, al entrar en contacto con el refrigerante de un sistema en operación. El aceite para refrigeración de buena calidad, debe tener un valor inferior a 2.0 de color ASTM (NORIA, 2021)

### **2.28.13. PUNTO DE ANILINA.**

Esta prueba nos determina el tipo de base mineral utilizada en el aceite para refrigeración. Los valores de estos puntos son como sigue: Menores de 65°C: Aceites aromáticos. Entre 66 y 80°C: Aceites predominantemente nafténicos. Entre 81 y 90°C: Aceites nafténicos parafinicos. Mayores de 90°C: Aceites de base parafinica. La prueba para determinar este valor consiste en colocar en un tubo de prueba, cantidades específicas del aceite a probar y de anilina. Las sustancias dentro del tubo se calientan gradualmente, agitándolas mecánicamente, hasta que se mezclan formando una sola fase. Posteriormente, se enfría la mezcla de manera gradual, hasta que ocurre la separación en dos fases. La temperatura a la que se separan es el punto de anilina. (NORIA, 2021)

### **2.28.14. ESTABILIDAD TÉRMICA**

En un sistema de refrigeración, cuando interactúan el aceite y el refrigerante a grandes temperaturas, ocasionaran problemas dañinos como: aparición de lodos, ácidos, gomas, lacas, barnices y cobrizado, componentes que afectan las válvulas de desfogue, aceleran el desgaste, cierran los conductos del aceite, interfiriendo con el funcionamiento del motor. (NORIA, 2021)

### **2.29. ANÁLISIS DE ACEITE**

Es una práctica en el mantenimiento predictivo, esta práctica se usa para descubrir, y ofrecer soluciones no comunes del lubricante (salud, contaminación) y el estado de las maquinas (desgaste). Estos comportamientos desfavorables pueden dan lugar a daños de costo elevado, a veces irreparables ocasionando pérdidas de la producción, grandes costos de reparación, como también accidentes en los conductores de estos equipos.

El objetivo de un programa de análisis de aceite es capaz de aumentar la confiabilidad y la disponibilidad de las máquinas, así como reducir al mínimo los costos de mantenimiento asociados con salidas de cambio de aceite, mano de obra, las reparaciones y el tiempo de inactividad. (NORIA, 2021)

Para alcanzar los objetivos se necesita de tiempo, de educación y de paciencia. Sin embargo, los resultados son dramáticos y los ahorros documentados en reducción de costos son significativos. (NORIA, 2021)

Es importante la comprensión de cómo estas propiedades afectaran las capacidades del lubricante para funcionar. Por último, el conocimiento de las técnicas comunes de

pruebas e instrumentación utilizadas para analizar el aceite puede ayudar a mejorar la interpretación de los datos y dar lugar a una mejor acción correctiva (diagnóstico y pronóstico). (NORIA, 2021)

*“Las funciones principales de un lubricante son lubricar, enfriar, limpiar, proteger, sellar y transmitir potencia.”* (NORIA, 2021)

Para monitorear eficazmente que tan bien está trabajando un lubricante, es necesario entender las funciones del lubricante. La función principal de un lubricante es obvia, paralubricar (es decir, para reducir la fricción). Reduciendo la fricción, el desgaste se reduce, como también la cantidad de energía necesaria para realizar el trabajo.

### **2.29.1. LUBRICACIÓN LÍMITE Y MIXTA**

Al incrementar la presión, la capa delgada de aceite reduce es así que se produce el contacto metal-metal, ocasionado por las rugosidades a esta se llama lubricación mixta

- Halla el nivel de interacción de rugosidades en medio de la capa de aceite y así se produce las reacciones en contacto
- Un número pequeño es igual a altas tensiones así se acorta el periodo tiempo de vida.
- $K$  más allá de 4, son asperezas completamente separadas por la película lubricante.
- Con  $K \geq 4$  una completa lubricación
- Con  $K < 4$  mezcla de lubricación
- Límite de lubricación  $K < 1$ , aditivo EP está entre 1-3.5 el régimen de lubricación es mixto
- $\kappa = 2$  el desgaste afecta solamente a las rugosidades, lo que constituye un desgaste perfectamente admisible.

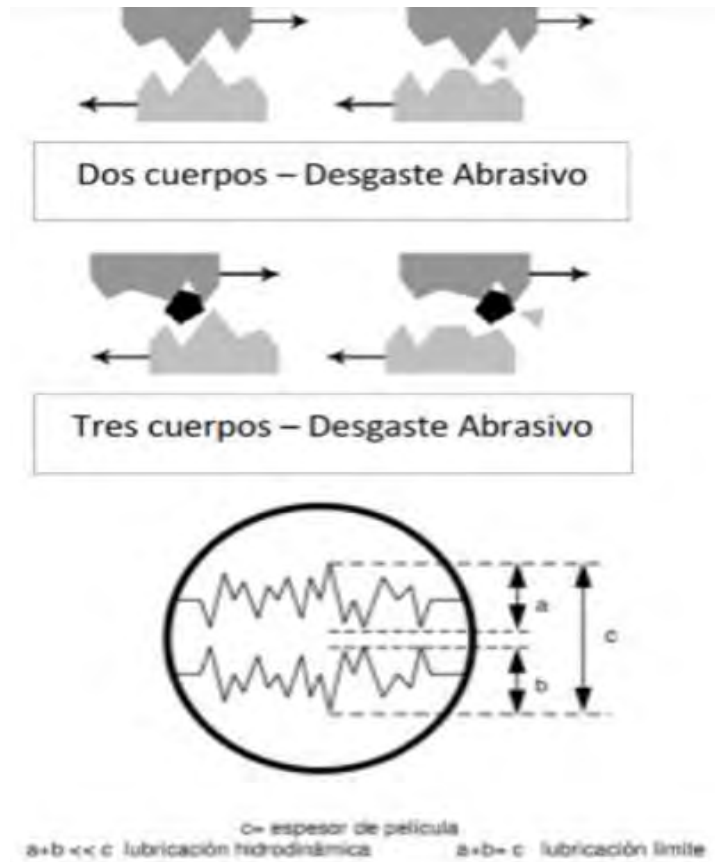


Figura 34

Desgaste abrasivo

Fuente: <https://predictiva21.com/analisis-aceite-eficiencia-lubricacion/>

### 2.30. EL ROL DEL ANÁLISIS DE ACEITE.

Una buena selección de lubricante, añadido con un coordinado mantenimiento de ese lubricante (almacenaje, operación y depósito de lubricantes), será de gran importancia para la preservación de los insumos.

Una óptima lubricación define como el óptimo uso del lubricante, la cantidad adecuada en el tiempo oportuno.

“Un plan exitoso de Análisis de Aceite depende del buen análisis de las partículas de desgaste y contaminantes.” (Autotecnia, 2015)

### 2.31. ESPECTROSCOPIA ELEMENTAL

La Espectroscopia Elemental es una prueba que supervisa las tres categorías: (La condición del lubricante – SA, partículas de desgaste – DE y contaminantes – CO).

Un espectrómetro es usado para medir los niveles de los elementos químicos específicos presentes en un aceite. La mayoría de los espectrómetros usados en el análisis de aceite el tipo de emisión atómica que se describen a continuación En general, existen 20 elementos comunes en el análisis de aceite medidos por espectroscopia e informados en partes por millón (ppm). Estas mediciones representan los elementos en la solución. Los espectrómetros no pueden analizar partículas sólidas mayores que 5-10 micrones.

Elemento	Desgaste	Contaminación	Aditivo
Hierro (Fe)	X	X	
Cobre (Cu)	X	X	X
Cromo (Cr)	X		
Estaño (Sn)	X		
Aluminio (Al)	X	X	
Plomo (Pb)	X		
Silicio (Si)		X	X
Sodio (Na)		X	X
Boro (B)		X	X
Calcio (Ca)		X	X
Magnesio (Mg)		X	X
Zinc (Zn)	X		
Fosforo (P)		X	X
Molibdeno (Mo)	X		X
Potasio (K)		X	

Figura 35  
Análisis de elementos de desgaste

Fuente: <https://predictiva21.com/analisis-aceite-eficiencia-lubricacion/>

### 2.32. VISCOSIDAD.

La viscosidad de un aceite es considerada la propiedad más importante. La técnica más común para medir la viscosidad de un aceite es siguiendo la norma ASTM D445 utilizando un viscosímetro (ASTM, 2011).

Una pequeña muestra del aceite es tomada a través de un tubo capilar calibrado a una temperatura constante. Una vez que la muestra alcanza la temperatura deseada, se permite que fluya hacia abajo del tubo a una distancia predeterminada. La viscosidad es el producto del tiempo de flujo y el factor de calibración del tubo capilar. Los resultados son reportados como la viscosidad cinemática del aceite en CentiStokes (cSt).

Los Aceites Industriales se identifican por la organización internacional de estándares ISO por la clase de viscosidad (ISO VG). La ISO VG analiza la muestra del aceite y clasifica la viscosidad cinemática a 40 ° C (104 ° F). (NORIA, 2021) (NORIA, 2021)

Los aceites para motores, el peso del aceite comúnmente se refiere a su viscosidad cinemática a 100 ° C (212 ° F). El peso de los aceites multigrado está representado por el segundo número en la calificación. Un aceite 10W30 tendría una viscosidad de 30. El 10 después de la W, que es sinónimo de “invierno”, se refiere a las condiciones de trabajo del aceite en clima frío.

Cuando aumenta la viscosidad de un aceite, es por lo general, debido a la oxidación, degradación o contaminación. Es el resultado de los intervalos extendidos o prolongados de cambio de aceite, altas temperaturas de funcionamiento, o la presencia de agua o de otro catalizador de la oxidación. El incremento de la viscosidad suele ser el excesivo incremento de óxidos, así como hollín o contaminantes, también cuando se adiciona aceites de más alta viscosidad o grados diferentes, La cohesión con agua puede también causar alta viscosidad.

*“Un lubricante con la viscosidad inadecuada provocara un sobrecalentamiento, y undesgaste acelerado, como resultado se genera una falla en la máquina”*

(TEXACO INC. Operación de motores diésel de dos combustibles y de gas. Edición, 1960)



### 2.33. NÚMERO ÁCIDO

La prueba de número ácido o índice de acidez es un indicador de la salud de aceite. Mide la concentración de componentes de naturaleza acida en el aceite. La medición y tendencia del AN es una herramienta de gran importancia para verificar cuanto de antioxidante va perdiendo el aceite. Los elevados niveles de ácido indican un incremento de oxidación del aceite o la pérdida de los aditivos de aceite y conllevan a la corrosión de los componentes de motor. Al evaluar el nivel de ácido, el aceite tendrá que ser reemplazado antes que ocasione daños. El índice de acidez se mide mediante la titulación potenciométrica de acuerdo con la norma ASTM D664 o D974. Ambos métodos implican la dilución de la muestra de aceite y la adición incremental de compuestos básicos (una solución alcalina) hasta un punto final que neutralicen los ácidos.

El número de acidez de un nuevo aceite variará dependiendo del aceite base, el paquete de aditivos. Un aceite de R&O (rust-oxidation oil) por lo general tienen un muy bajo AN, alrededor 0.03. Un aceite AW o EP tendrá un valor ligeramente superior, típicamente alrededor 0.5. Los aceites de motor suelen tener un mayor AN, en las proximidades de 1.5. (Quintero, 2021)

### 2.34. NÚMERO BÁSICO

La prueba de número básico es muy similar a las pruebas de índice de acidez, excepto que las propiedades se invierten. La muestra se valora con una solución ácida para medir la reserva alcalina del aceite. ASTM D2896 y ASTM D4739 son los métodos más utilizados para medir el número básico (ASTM, 2007; ASTM, 2008).

ASTM D2896: Análisis volumétrico con ácido perclórico, en Aceites Nuevos. ASTM D4739: Análisis volumétrico con ácido clorhídrico, en Aceites Usados.

Muchos aceites (especialmente los aceites de motor) están fortificados con aditivos. Gran parte de los aceites (esencialmente los aceites para uso de motor) están mejorados con aditivos alcalinos para neutralizar los ácidos que se forman como resultado de la combustión.

Tabla 7  
BN del aceite nuevo del motor

<b>BN DEL ACEITE NUEVO DE MOTOR</b>	
<b>Gasolina</b>	5-7 mg KOH/g de aceite
<b>Diesel</b>	7-11 mg KOH/g de aceite
<b>Locomotora</b>	11-20 mg KOH/g de aceite
<b>Marino</b>	20-100 mg KOH/g de aceite

Fuente: <https://predictiva21.com/analisis-aceite-eficiencia-lubricacion/>

### 2.35. CONTAMINACIÓN POR AGUA.

En la combinación con el agua es dañina para todo aceite. Un test de crepitación (Crackle Test), es empleada en tal concluir si el H<sub>2</sub>O está incluida dentro del aceite.

Si la prueba de crepitación es positiva (más del 0.1%), se requieren análisis extras para cuantificar el volumen de agua con el uso de la titulación por Karl Fischer – ASTM D6304 (ASTM, 2007). Método de cálculo de temperatura, la cantidad de lubricante es aumentada de temperatura bajo vacío y así se evapora el H<sub>2</sub>O presente. Los gases se condensan y disueltos con tolueno. el volumen de reactivo usado y el volumen de la muestra se halla y se convierten en ppm o % en masa.

bajos niveles de agua (<0.5%) son usualmente valores de agua, factores más altos indicarían entradas de H<sub>2</sub>O.

### 2.36. CONTEO DE PARTÍCULAS

La contaminación por partículas tiene efectos negativos en todas las clases de máquinas y equipos. Las pruebas de recuento de partículas es una manera de controlar el nivel de residuos ferrosos y sólidos de contaminación en una muestra de aceite, expresada en mililitro o 100 ml, en rangos específicos de tamaño que van desde 4 m hasta 100 m. Hay tres tecnologías para obtener el conteo de partículas, que son empleados para monitorear la limpieza del aceite:

- Conteo de Partículas Óptico, ISO 4407.
- Conteo de Partículas por Bloqueo de Luz, ISO 11500.

En la práctica del análisis de lubricante se utiliza por lo general la tecnología de bloqueo de luz (luz – laser) y en algunas ocasiones la de bloqueo de poro por disminución de flujo o aumento de presión. (Wepster, 1875)

### 2.37. BLOQUEO DE LUZ.

La técnica de bloqueo de luz consiste en pasar una muestra a través de un pequeño orificio que tiene una fuente de luz láser en un lado y un sensor óptico en el otro lado. Las partículas interrumpen el haz de luz y se cuentan, y el tamaño se determina por el grado de bloqueo de la luz. Esta tecnología tiene algunos inconvenientes relacionados con la naturaleza de la prueba y los principios de la tecnología utilizada. Los resultados pueden ser afectados por las siguientes interferencias:

- Agua libre y aceite emulsionado o cuando el aire es arrastrado en el aceite. En estas circunstancias, las burbujas de agua o de aire se contarán como partículas produciendo resultados erróneos.
- Fibras.
- Lodo bloquea el paso de luz.
- Aditivos sólidos que son contados como partículas.
- Coincidencia de partículas, ya que afecta el tamaño medido de la partícula.
- Color del aceite, impide el paso de luz.

### 2.38. LA FERROGRAFIA ANALÍTICA.

En esta práctica divide las partículas metálicas dentro del lubricante entonces al analizarlas será fácil concluir su composición y la forma de desgaste que se produce en la unidad.

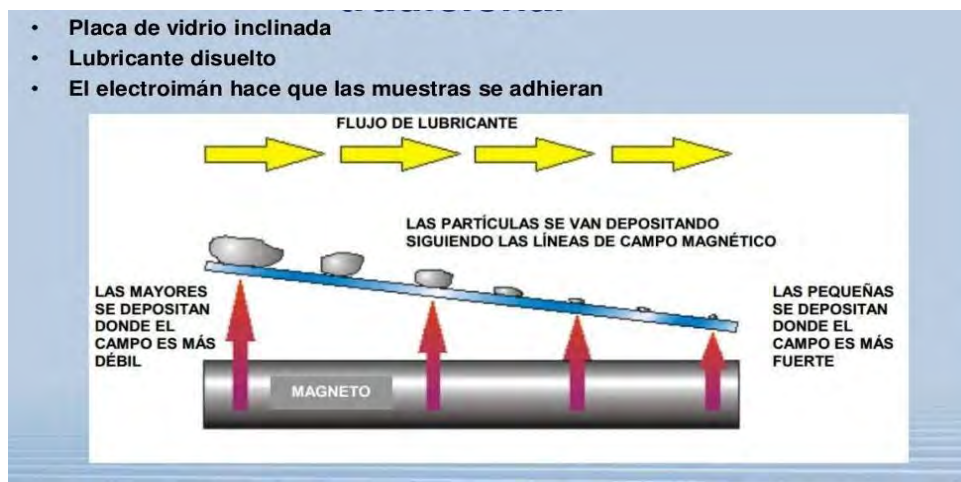


Figura 36  
Ferrografía analítica convencional

Fuente: <https://www.slideshare.net/albertocanoaragon/presentacin-ferrografia>

La Ferrografía Analítica cuantifica la cantidad de material ferroso presente en una muestra de lubricante. Consiste en separar el material suspendido en el lubricante, sobre una plaqueta de vidrio. La plaqueta es examinada bajo el microscopio para distinguir tamaño, concentración, composición, morfología y condición superficial de las partículas ferrosas y no ferrosas que caracterizan el desgaste.

El lubricante es diluido para mejorar la precipitación de partículas y la adhesión a la plaqueta. La muestra diluida se hace fluir sobre la plaqueta por gravedad (la plaqueta se posiciona inclinada). La plaqueta a su vez descansa en un magneto el cual atrae las partículas ferrosas y permite la adherencia en la plaqueta. Debido al campo magnético las partículas ferrosas se alinean en cadenas horizontales a lo largo de la plaqueta; las partículas más grandes se depositan hacia el punto de entrada y las pequeñas hacia el punto de salida. Este cambio se convierte entonces en concentración ferrosa en partes por millón. Usando este método, no existen interferencias con partículas no ferrosas.

Una de las ventajas de monitorear los residuos de desgaste ferroso, es que mide todos los metales de desgaste en todos los tipos de aceite, por ejemplo: transmisiones, cajas de cambio a través del aceite hidráulico. Otro beneficio clave, es que se puede monitorear los residuos de desgaste de hierro en la grasa. (Quintero, 2021)

## **2.39. LÍMITES DE CONDICIÓN DEL LUBRICANTE.**

### **2.39.1. LÍMITES OBJETIVOS O NORMALES.**

Son aquellos que se establecen con un valor predeterminado que se busca obtener, este límite está relacionado con la contaminación del sistema de lubricación por condiciones de aplicación, distribución y desgastes normales del motor diésel.

### **2.39.2. LÍMITES DE PRECAUCIÓN.**

Indican o registran una específica que pueda suscitar una situación anormal y que se necesita realizar una acción, este límite está relacionado con los elementos con los parámetros de Salud, Contaminación y Desgaste.

### **2.39.3. LÍMITES DE CRÍTICOS O ALERTA.**

Registran una realidad que se mantiene una situación crítica y se necesita tomar acciones correctivas de forma inmediata, este límite está relacionado con la degradación del lubricante, conteo de partículas y desgaste de los elementos internos del motor diésel.

#### 2.39.4. DETERMINACIÓN DE LÍMITES Y TASA DE CAMBIO.

La tasa de cambio se utiliza para los parámetros que dependen del tiempo y que en la línea base empiezan desde cero o que durante el uso del aceite estos tiende a cero, la tendencia de la tasa de cambio normalizada permite visualizar con mayor claridad los cambios que sufre cada parámetro con respecto al tiempo. Para calcular la tasa de cambio de un parámetro se utiliza la siguiente formula:

$$\dot{x} = \frac{x_0 - x_{-1}}{t_0 - t_{-1}}$$

Donde:

$\dot{x}$  : Tasa de Cambio

$x_0$  : Parámetro de la muestra Actual

$x_{-1}$  : Parámetro de la muestra Anterior

$t_0$  : Odómetro de la muestra Actual

$t_{-1}$  : Odómetro de la muestra Anterior

*Formula 2.1. determinación tasa de cambio*

#### 2.39.5. LÍMITES ESTADÍSTICOS

Son los límites basados en desviaciones de los promedios históricos en condiciones normalizadas. Estos pueden ser obtenidos hallando los valores promedios y la desviación estándar con los datos anteriores, de los análisis de aceite de la máquina de características idénticas y condiciones de monitoreo similares. Se realiza el límite de precaución con el valor promedio +1 desviación estándar y el límite crítico como el valor promedio +2 desviaciones estándar. (Quintero, 2021)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde

$\bar{x}$  : Media Muestral

$x_i$  : Valor de cada muestra

$n_1$  : Número total de Muestras

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n_1}}$$

$\sigma$  : Desviación estándar muestral.

*Formula 2.2 desviación estándar muestral*

*Tabla 8  
Límites estadísticos de desviación estándar*

<b>Límites Estadísticos</b>		
Estos	Límites objetivos o Normales	$\bar{x}$ límites
	Límites de Precaución	$\bar{x} \pm \sigma$
	Límites Críticos o Alerta	$\bar{x} \pm 2 \cdot \sigma$

*Fuente: <https://predictiva21.com/analisis-aceite-eficiencia-lubricacion>*

### 2.39.6. NORMALIZACIÓN DE DATOS

Una normalización de datos mejorara los datos tomados, en algunos casos cuando las muestras de aceite son recogidas fuera del periodo de monitoreo y se ha registrado un aumento importante de lubricante por consumo en el periodo de muestra. Son necesarios realizar los cambios para no concluir erróneamente. La normalización para todos periodos de tiempo diferentes al registrarlo obtendremos usando la regla de tres, tal si fueron registradas +/- 10%del periodo establecido. Se utiliza la siguiente formula:

$$N_t = \frac{t_s}{t_p}$$

Donde

$t_s$  : Tiempo o periodo de muestreo definido

$t_p$  : Tiempo que el aceite ha estado en uso

$$\dot{x}_t = x_0 \cdot N_t$$

Donde

$\dot{x}_t$  : Parámetro Normalizado por tiempo

*Formula 2.3: Parámetro normalizado por tiempo*

La Normalización de parámetros por rellenos o adición externa de lubricante obtendremos relacionando la capacidad del cárter y adicionando todas las compensaciones realizadas en última muestra tomada y la muestra actual.

$$N_m = 1 + \frac{v}{V}$$

$N_m$  : Factor de Normalización por compensación o relleno de lubricante

$V$  : Capacidad del Carter en litros o Galones

$v$  : Volumen de Relleno o Compensación en Litros o Galones

$$\dot{x}_m = x_0 \cdot N_m$$

$\dot{x}_m$  : Parámetro Normalizado por compensación o relleno de aceite

Para poder normalizar datos de reportes de análisis de aceite por tiempo y compensación de aceite se utiliza:

$$\dot{x}_{tm} = x_0 \cdot N_t \cdot N_m$$

$\dot{x}_{tm}$  : Parámetro Normalizado por compensación o relleno de aceite y Tiempo.

*Formula 2.4: Normalización De Parámetros*

### 2.39.7 REGRESIÓN LINEAL.

La regresión lineal simple determina la relación que existe entre la variable dependiente y una o más variables independientes, la ecuación que relaciona estas dos variables se determina modelo de regresión que se muestran a continuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

### 2.39.8. MÍNIMOS CUADRADOS.

El método de determinación de mínimos cuadrados se usa para la determinación de la recta de regresión lineal, los diagramas de dispersión para el análisis de regresión se trazan colocando la variable x en el eje horizontal, Y en el eje vertical.

El método de mínimos cuadrados utiliza los datos muestrales o poblacionales para poder determinar los coeficientes  $\beta_0$  y  $\beta_1$ , a continuación, se muestran las ecuaciones para la determinación de los coeficientes:

$$\beta_1 = \frac{n \cdot \sum_1^n (Y_i \cdot X_i) - \sum_1^n X_i \cdot \sum_1^n Y_i}{n \cdot \sum_1^n X_i^2 - (\sum_1^n X_i)^2}$$

$$\beta_0 = \frac{\sum_1^n Y_i \cdot \sum_1^n X_i^2 - \sum_1^n X_i \cdot \sum_1^n (Y_i \cdot X_i)}{n \cdot \sum_1^n X_i^2 - (\sum_1^n X_i)^2}$$

n: Numero de datos

$x_i$ : valor de la variable independiente

$y_i$ : valor de la variable dependiente

*Formulas 2.5 y 2.6 mínimos cuadrados*

### 2.40. MANTENIMIENTO EN MOTORES DIESEL:

La gran importancia del mantenimiento predictivo está presente en todos los aspectos mantenimiento de las unidades.

Es imperioso la necesidad por las empresas de minimizar y disminuir los costos de mantenimiento sin reducir la fiabilidad de las máquinas y seguridad de los mantenimientos ubica las tendencias dentro de este campo.

El mantenimiento divide en varios tipos dependiendo del tiempo en que se lo realice



siendo estos: correctivo, modificativo y preventivo. (Villanueva, 2000)

#### **2.40.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Es el mantenimiento de aplicación regular y periódica, establecida en un calendario, ya sea por el número de horas que se recorrió o por el número de kilómetros recorridos por la máquina. Es de gran importancia para preservar en óptimas condiciones la máquina y no sucedan daños inesperados que a la larga podrían llegar a ser perjudiciales o catastróficos en el mantenimiento de unidades.

#### **2.40.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO X MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.**

Aunque existe una cierta tendencia para confundir el mantenimiento centrado en la confiabilidad con simple mantenimiento preventivo, no son lo mismo. En resumen, el objetivo del mantenimiento centrado en la confiabilidad es aumentar la disponibilidad de los activos. Obviamente, esto exige una inversión en el mantenimiento preventivo, pero no solo. Hay varios tipos de mantenimiento que encajan en una estrategia centrada en la confiabilidad, incluyendo el mantenimiento predictivo, del que trataremos más adelante. Por lo tanto, aunque el mantenimiento preventivo y el mantenimiento centrado en la confiabilidad coincidan, no se sobreponen totalmente, ni deben usarse como sinónimos (INFRASPEAK, 2015)

#### **2.40.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

De todos los tipos de mantenimiento, este es el más reciente y el que requiere más inversión a nivel tecnológico. El objetivo del mantenimiento predictivo es prever cuándo es que una avería está a punto de producirse. Cuando se detectan ciertas condiciones indeseables, se programa una reparación antes de la ocurrencia, antes de que el equipo, efectivamente, se averíe, eliminando, de este modo, la necesidad de mantenimiento correctivo oneroso o mantenimiento preventivo innecesario. Se basa en la condición física y operativa de los equipos a través de la supervisión regular y pruebas de la condición y rendimiento de los equipos, usando técnicas avanzadas como análisis de vibración, análisis de aceite, acústico, pruebas de infrarrojos o imagen térmica.

### **VENTAJAS.**

Este planteamiento se basa en la condición física u operativa de los activos en el momento del mantenimiento, en lugar de basarse en estadísticas y calendarios definidos previamente. Intenta detectar el fallo en su fase todavía oculta, antes de que haya cualquier tipo de señal visible, y en su fase potencial. Así, el mantenimiento efectuado será más informado, necesario y oportuno, una vez que el equipo solo se someterá a mantenimiento cuando una avería es prevista, lo que bajará los costes y el tiempo de mano de obra invertidos en el mantenimiento. (INFRASPEAK, 2015)

### **DESVENTAJAS.**

La necesidad de invertir en equipos de supervisión específicos, bien como en la formación de personal para usarlos correctamente e interpretar los datos recogidos, hace la implementación de esta estrategia muy cara, y, por eso, no suele estar al alcance de la capacidad de pequeñas y medianas empresas. Por esta razón, no es un planteamiento rentable para activos que no sean esenciales al funcionamiento adecuado de sus operaciones. (INFRASPEAK, 2015)

#### **2.40.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO VS. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

En tanto a los elevados costos, el mantenimiento predictivo podrá sustentar costos menores a largo plazo. El mantenimiento predictivo es más eficaz encontrando fallos que el mantenimiento preventivo y es más objetivo con relación a las acciones básicas. (INFRASPEAK, 2015)

#### **2.40.5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO VS. MANTENIMIENTO BASADO**

Muchas fuentes definen el mantenimiento predictivo como un mantenimiento basado en condición. Aunque sea una confusión comprensible – al fin y al cabo, el mantenimiento predictivo también evalúa la condición de cada equipo – creemos que es importante hacer esta distinción. El mantenimiento basado en condición se centra en análisis y parámetros bien definidos. Por ejemplo, si tras una inspección visual detectamos algo de anormal, se hace una intervención. Si el output del equipo ha bajado, entonces ha habido una alteración clara en el estado del equipo y debemos realizar el mantenimiento. Pero el mantenimiento predictivo va un poco más lejos, al tratar de detectar los fallos en una fase aún más prematura. (INFRASPEAK, 2015)

#### **2.40.6. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

Un equipo debe repararse o reemplazarse cuando se daña. El mantenimiento reactivo, también conocido como mantenimiento correctivo. En tal sentido es la ejecución llevada a cabo después de una avería y tiene como objetivo reparar el activo para obtener un equipo eficiente, ya sea en reparación o cambio de piezas.

##### **VENTAJAS.**

Una vez que este planteamiento se caracteriza por acciones de mantenimiento después producirse una avería, es ideal para equipos de baja prioridad, sin los cuales las operaciones de la empresa pueden seguir funcionando normalmente.

Lo mismo se aplica a equipos de bajo valor, ya que el trabajo necesario para realizar su mantenimiento o supervisión constante puede resultar más caro que la reparación o sustitución en caso de avería. Un ejemplo sencillo sería una bombilla, que puede usarse hasta que se funda y debe, en ese momento, sustituirse.

Teniendo en cuenta que no hace falta mucha programación para este planteamiento, su coste de implementación es muy bajo, en comparación con las alternativas.

##### **DESVENTAJAS.**

El problema viene cuando se confía en el mantenimiento correctivo para activos de prioridad media o alta. Una vez que no se realiza ningún tipo de acciones preventivas en una estrategia de Mantenimiento Correctivo, el tiempo de vida de los equipos terminará siendo más corto que con una de las estrategias alternativas.

Cuando aplicada a equipos de elevada prioridad o valor, conducirá a paradas inesperadas y probablemente, elevados costes de reparación. (INFRASPEAK, 2015)

#### **2.40.7. MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA.**

Sin embargo, son distintos, el mantenimiento correctivo con mantenimiento de emergencia, que suceden en diferentes formas en avería. Si acaso el mantenimiento correctivo se realiza en un momento oportuno de fallo o alteración en el funcionamiento normal de la unidad (o sea, un fallo funcional), el mantenimiento de emergencia, ocurre cuando el fallo es catastrófico así conllevando a mayor costos y costes

#### **2.40.8. MANTENIMIENTO PROACTIVO.**

Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que, de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de “detección y corrección” de las desviaciones según el programa de mantenimiento proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio. (INFRASPEAK, 2015)

#### **2.40.9. MANTENIMIENTO PROACTIVO EN MOTORES DIÉSEL.**

La maquinaria pesada tal como, tracto camiones, locomotoras, generadores; poseen motores diésel alternativos que en su funcionamiento tiene asociada la probabilidad de falla, esta se incrementa a medida que aumenta el nivel de desgaste y contaminación del sistema. Las condiciones propias del servicio severo a las que están sometidos estos equipos hacen que la probabilidad de falla y el desgaste se incrementen con el tiempo de vida. A pesar que el motor no presente reducción de su eficiencia o desgaste elevado de sus componentes, siempre estarán presentes situaciones que permitan la reducción de la vida útil del motor diésel y las fallas; por lo tanto, la aplicación de los recursos como el análisis de aceite lubricante, el análisis de las vibraciones o la termografía se constituyen en valiosas herramientas que permiten el desarrollo de una estrategia de mantenimiento proactivo. (INFRASPEAK, 2015)

#### **2.40.10. SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO**

En enfoque Kantiano implica por tres elementos: personas artefactos y entorno. Con la participación de personas el método ofrece un tema real, los artefactos constituyen las maquinas o herramientas y el entorno corresponde a la parte real del mantenimiento.

#### **2.41. UNIDAD DE PRODUCCIÓN.**

Un sistema básico de producción está integrado por tres factores: productores (personas), fábricas (entorno) y máquinas (artefactos), los cuales permiten la elaboración de bienes y/o servicios. La función de un sistema de producción es la de lograr la agregación de un valor, a partir de tres acciones básicas: transformación, transporte o almacenamiento, las mismas que se pueden presentar en forma combinada (Gutierrez, 2009) (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág.47).

#### **2.42. UNIDAD DE MANTENIMIENTO.**

En el enfoque sistémico puro, cuando se refiere a mantenimiento, reconoce tres elementos fundamentales: mantenedores (personas), máquinas o equipos industriales o de operación (artefactos) y los sitios físicos donde se prestan los servicios de mantenimiento. El mantenimiento es una ciencia que se aplica en elementos, máquinas o sistemas generados por el ser humano, y el objetivo es de preservar los equipos mediante reparación o mantenimiento (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 48). (Gutierrez, 2009)

#### **2.43. SISTEMA INTEGRAL DE MANTENIMIENTO.**

En un sistema de ingeniería de fábricas nos permite visualizar los mantenedores, los productores y las máquinas que nos ayuda a establecer las leyes de mantenimiento y en las cuales un sistema kantiano establece que las relaciones entre producción y máquinas está gobernada por la confiabilidad, entre el mantenimiento y las máquinas por la mantenibilidad y el mantenimiento-máquina-producción se define por la disponibilidad. El mantenimiento se considera como un elemento integrado por personas que son los responsables de la conservación de los diferentes equipos para la producción de bienes o servicios (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 50)

#### **2.44. DISPONIBILIDAD.**

La disponibilidad es conceptualizada a la probabilidad de que la unidad funcione de forma óptima en todo momento que sea requerido, luego del inicio de su operación en situaciones normales. El tiempo global que se utiliza es a la adición del tiempo de operación, operativo de ejecución, inactivo, mantenimiento preventivo, administrativo, sin producción y logístico. (Gutierrez, 2009)

## 2.45. CONFIABILIDAD.

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un periodo de tiempo específico y bajo condiciones de operación normal (Mora 2009, pág. 95) La fiabilidad normalmente se representa como  $R(t)$ , es una función de probabilidad que varía de acuerdo con el tiempo de funcionamiento y alcanza un valor máximo con  $R(0) = 1$ , en el instante inicial  $t=0$ ; el valor de la fiabilidad empieza a disminuir a medida que se incrementa el tiempo de operación, hasta alcanzar un instante  $t = \infty$ , donde  $R(\infty)=0$ ; este es su valor mínimo. El complemento de  $R(t)$  es conocido como función acumulada de probabilidad de falla, que es representada por  $F(t)$  y representa la probabilidad de que el equipo falle en un determinado tiempo  $t$ , las dos funciones están relacionadas con la ecuación (Arques 2009, pág. 3): (Arques, 2009)

$$R(t) = 1 - F(t)$$

A partir de ambas funciones podemos determinar una nueva función  $f(t)$ , que se denomina función de densidad de la probabilidad de fallo.

$$R(t) = dF(t) / dt = dR(t) / dt. \text{ (Arques, 2009)}$$

## 2.46. MANTENIBILIDAD

Se denomina mantenibilidad a la probabilidad de que un elemento maquina o dispositivo puede ser capaz de regresar a su estado original de operación después de una falla o avería, mediante una reparación que implica realizar unas tareas de mantenimiento para eliminar las causas que generan la avería o falla. Para poder recuperar el nivel de confianza en la operación del equipo o componente la reparación se debe de realizar con personal capacitado para el mantenimiento o reparación y herramientas adecuadas (Mora 2009, pág. 104). (Gutierrez, 2009)

Distribuciones para estimación de confiabilidad de mantenibilidad

Las formas de distribución para el cálculo de la confiabilidad y mantenibilidad y los criterios de cada distribución se describen en la siguiente tabla: Tabla 2.10. Distribuciones de probabilidad para el cálculo de confiabilidad y mantenibilidad, Fuente: Mantenimiento, planeación y ejecución, Mora Gutiérrez ,2009.

Tabla 9  
Distribución de probabilidad para de cálculo de confiabilidad

DISTRIBUCIÓN	CRITERIOS
Normal	Describe Fenómenos de envejecimiento de equipos. Describe Modelos de fatiga Describe Fenómenos naturales Los componentes son afectados desde el inicio por el desgaste.
Exponencial	Las reparaciones constituyen un intercambio de piezas estándar Fallas aleatorias y que no dependen del tiempo de funcionamiento Describe situaciones de función de la tasa de fallos constante El componente usado que aún no ha fallado, es estadísticamente tan bueno como un componente nuevo. Modelar componentes electrónicos, es un caso particular de la gamma cuando beta es igual a 1.
Weibull	Es la única función de probabilidad que puede utilizarse para representar a cualquier tipo de distribución Representar la vida de los componentes Vida de servicio de tubos y equipos electrónicos
Gamma	Convenientemente para caracterizar los tiempos de fallas de equipos durante periodo de rodaje. Adecuado para representar sistemas con componentes stand- by Describe bien cuando la mayor parte de las intervenciones son de corta duración
Log Normal	Aplicada para equipos electrónicos y electromecánicos Se aproxima a la distribución exponencial y siendo está mucho más sencilla de manejar, es la que más se utiliza.

Fuente: Mantenimiento, planeación y ejecución, Mora Gutiérrez ,2009.

## 2.47. MODELO DE WEIBULL.

El Análisis de Weibull es una poderosa pero subutilizada herramienta por los ingenieros de confiabilidad industrial. Como profesionales en esta área, nuestro trabajo es cuantificar los riesgos para la producción, los costos de administración y las metas de seguridad y protección ambiental. Como ingenieros de confiabilidad, principalmente usamos la distribución exponencial para predecir la confiabilidad basándonos en la rata de falla o su recíproco el tiempo promedio entre fallas o el tiempo promedio para fallar. Mientras

que la ecuación exponencial básica es muy útil para hacer predicciones probabilísticas de la confiabilidad, ella asume una tasa de falla constante a través del tiempo. En realidad, simplemente no siempre este es el caso. Aquí entra el Análisis de Weibull.

El Análisis Weibull es un tratamiento especial de la distribución de la confiabilidad que incluye el perfil de riesgo como una función del tiempo. Utilizando papel gráfico especial (log/log-log) o software especializado, se trazan las fallas y se dibuja una línea de regresión de mínimos cuadrados. (Troyer, 2010)

La pendiente lineal de esa línea representa el parámetro Beta ( $\beta$ ), o parámetro de forma, que se incorpora en fórmulas modificadas basadas en la distribución exponencial, lo que permite que los cálculos previstos reflejen el perfil de riesgo a lo largo del tiempo. En resumen, si el  $\beta < 1,0$ , el riesgo de falla disminuye con el tiempo; Si  $\beta = 1,0$ , el riesgo de fallo es constante en el tiempo; Y, si  $\beta > 1,0$ , el riesgo de falla aumenta con el tiempo.

Donde  $\beta = 2,0$ , la tasa de fracaso aumenta linealmente con el tiempo, suponiendo la distribución de Rayleigh. Donde  $\beta > 3,44$ , la tasa de fallo asume la distribución gaussiana (curva de campana), lo que indica un aumento geométrico en el riesgo a lo largo del tiempo. A medida que el parámetro  $\beta$  aumenta por encima de 3,44, la curtosis de la curva aumenta, lo que sugiere una desviación estándar menor. (Troyer, 2010)

#### **2.48. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL.**

La distribución de Weibull es el más ampliamente utilizado modelo estadístico para tratar con datos históricos. Es usada en muchas aplicaciones desde el pronóstico del tiempo hasta análisis de ingeniería con tamaños de muestras muy pequeños. (Troyer, 2010)

Originalmente desarrollado por el matemático sueco Wallodi Weibull (1887-1979) El análisis de Weibull es la más versátil distribución empleada por los ingenieros de confiabilidad. Aunque es denominada una distribución, actualmente es una herramienta que permite al Ingeniero de Confiabilidad caracterizar la función de densidad de probabilidad (distribución de frecuencia de falla) de un conjunto de datos de falla para caracterizarlas como tempranas, constantes (exponencial) o desgaste asociado a la edad (Gaussiana o log normal) graficando los datos de tiempo para la falla en un formato gráfico especial donde el eje X representa el tiempo, ciclos, millas, etc. en una escala logarítmica. El eje Y, con una escala log-log, representa el porcentaje acumulado de la población total de fallas. (Troyer, 2010)



Usando eficazmente los datos, el análisis de Weibull es un óptimo recurso que le permite combinar eficazmente las actividades de riesgo que se enfrenta la compañía. (Troyer, 2010)



Figura 37  
Distribución de Weibull

Fuente: Noria, 2022

### $\beta < 1,0$

Representa una tasa de fallas tempranas (mortalidad infantil) Mientras más cercano a cero, más grande el riesgo de este tipo de fallas. Las fallas tempranas tienden a ser causadas por repuestos de mala calidad o defectuosos y/o por mano de obra deficiente. La mala calidad de las partes puede ser asociada a problemas de almacenaje que propicien la contaminación, corrosión y el deterioro. Las deficiencias asociadas con la mano de obra pueden atribuirse a procedimientos débiles, falta de capacitación o falta de personal calificado, supervisión insuficiente, falta de controles de calidad o incluso a temas administrativos como reparaciones apresuradas. La meta es elevar el parámetro  $\beta$  a 1,0 mientras decrece la tasa de fallas y se incrementa el TPEF o TPPF. (Troyer, 2010)

### $\beta \approx 1.0$

Representa una tasa de fallas constante, no se pueden hacer predicciones en función del tiempo. En este escenario debe enfocarse en optimizar sus planes de inspección y monitoreo de condición de manera de detectar las fallas en su etapa incipiente, por otro lado, puede trabajar en mejorar el proceso de análisis de los datos por cada modo de falla. Cuando se toman un lote de modos de fallas juntos, se presenta un efecto aleatorio que tiende a elevar  $\beta$  a 1,0. Hay que enfocarse en prácticas de precisión y proactivas, especialmente en las actividades de Ajuste, Lubricación, Alineación y Balanceo. La tasa

de falla es afectada por las intervenciones proactivas, pero no necesariamente estas afectan el perfil de riesgo. La meta es mantener el parámetro  $\beta$  en 1,0 mientras decrece la rata de fallas incrementando el TPEF o el TPPF. (Troyer, 2010)

$$\beta > 1,0$$

Indica dependencia del tiempo, lo cual es típicamente indicativo de un modo de falla dominante. Mientras más alto es  $\beta$ , más fuerte es la relación con el tiempo. En este escenario el trabajo consiste en identificar los factores mecánicos, eléctricos, operacionales y humanos que representan las causas que desencadenan la falla. El modo de falla dominante, es algunos casos, se elimina actualizando componentes, rediseñando, reduciendo el estrés operacional u otras iniciativas. En algunos casos las partes o componentes son simplemente reemplazados. Si la forma  $\beta$  es suficientemente alta (por ejemplo  $> 5,0$ ) y si no puede controlar las funciones que propician la falla, el mantenimiento basado en el tiempo PUEDE estar justificado. En otras instancias, se podría incrementar la veracidad y frecuencia del monitoreo y el perfil de riesgo aumenta. La meta es que  $\beta$  se mantenga  $\sim 1,0$  si es posible o instituir el mantenimiento basado en tiempo o incrementar el monitoreo apropiadamente. El perfil de riesgo debería afectar el proceso de planificación de repuestos de tal manera que no lo encuentren desprevenido. En todos los casos hay que mantenerse enfocados en las actividades de mantenimiento proactivas. (Troyer, 2010)

## CAPITULO III

### 3. ANALISIS Y TENDENCIAS DE LUBRICANTES

Nociones de su obtención, su tratamiento, transformación y en orden a complementar los requisitos que debería cumplir en el funcionamiento del motor, así como la designación y clasificación de los tipos de aceite que podemos encontrarlos.

#### 3.1 Obtención de los aceites:

Para la obtención de lubricantes se utilizan dos o más componentes llamados aceites base

Derivados del petróleo crudo (aceites minerales), como también de productos químicos.

Consideraremos tres fuentes.

##### 1. Lubricante base resultado del proceso natural de petróleo.

La formación de petróleo esencialmente de hidrocarburos, compuestos de hidrógeno y carbono, oxígeno, nitrógeno y azufre en menor parte. Dentro de estos se dividen en tres derivados

- Derivados del crudo de base parafínica (hidrocarburos de cadena lineal o ramificada),
- Derivados crudos de base nafténica (ciclo parafinas)
- Derivados crudos de base mixta o intermedia.

Las principales características y diferencias entre ellos se presentan en la siguiente

*Tabla 10  
propiedades y características de los hidrocarburos*

<b>Parafínicos</b>	<b>Nafténicos</b>	<b>Aromáticos</b>
Baja densidad	Elevada densidad	Densidad muy alta
Punto de congelación alto (necesidad de desparafinar o aditivar con producto depresores del punto de congelación)	Punto de congelación bajo (ausencia de punto de niebla).	Punto de congelación muy bajo
Índice de viscosidad alto	Bajo índice de viscosidad	Índice de viscosidad muy bajo

*Fuente: Bernardo Tormos,*

Parafínicos	Nafténicos	Aromáticos
Volatilidad baja (alto punto de inflamación)	Volatilidad alta (bajo punto de inflamación)	Gran volatilidad
Carbono Conradson medio, adherente y de aspecto granuloso	Carbono Conradson bajo, poco adherente y de aspecto pulverulento	Carbono Conradson elevado
Oxidación retardada con formación de ácidos mas o menos corrosivos	Oxidación sin periodo de inducción, menor acción corrosiva pero da formación de precipitado.	Gran oxidabilidad y precipitación de productos insolubles
Sin poder disolvente frente a sustancias de degradación del aceite	Poder disolvente frente a productos de degradación del aceite.	Alto poder disolvente
Punto de anilina elevado	Punto de anilina bajo	Punto de anilina muy bajo

## 2. Los procesos definidos de refino convencional son:

-**Destilación:** el petróleo crudo es una diversa combinación de hidrocarburos, a partir de gases ligeros hasta asfaltos pesados.

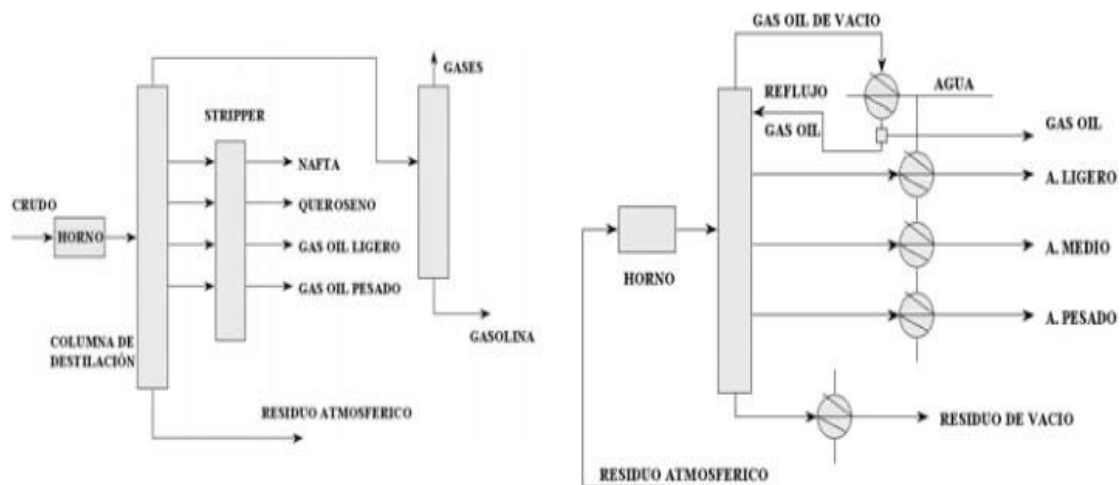


Figura 38  
Esquema de destilación atmosférica del crudo del petróleo  
Fuente: Bernardo Tormos, 2005

### 3.Extracción con disolventes.

Este proceso elimina gran parte de los aromáticos y algunos de los compuestos nafténicos que permiten aumentar tanto el índice de viscosidad (IV) como la estabilidad de la base. El disolvente (fenol, furfural o más recientemente N-metil-2-pirrolidona [NMP]) es inducido a contracorriente sobre la secuencia de principalmente de la materia prima de lubricante, y es recirculado tras ser eliminado de las unidades de extracción de aromáticos y de aceite refinado, así como se muestra en la Ilustración 29.

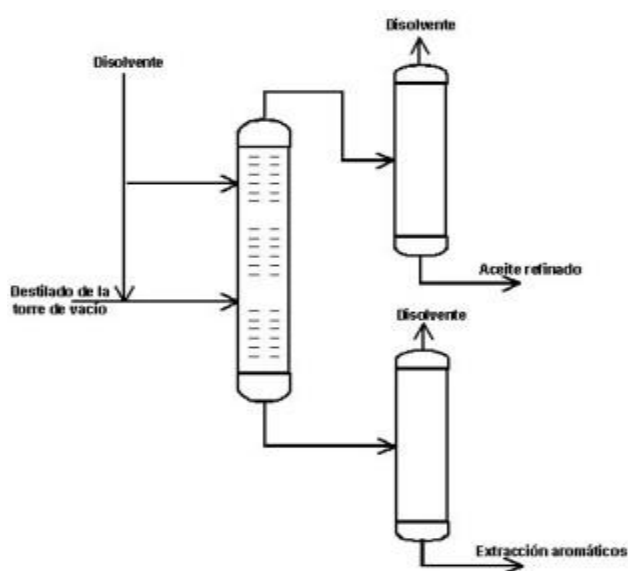


Figura 39  
Extracción con disolventes, fin de proceso

Fuente: Bernardo Tormos, Diagnóstico De Motores Diesel Mediante El Análisis Del Aceite

Las reacciones de hidrogenación transforman a todos los compuestos inestables en estables, los aromáticos así, son transformados en nafténicos. El “hydrofinishing” no reduce la cantidad de producto obtenido, permite aumentar el índice de viscosidad (IV) y elimina gran parte de los compuestos de azufre y otros rastros de materiales. El mayor o menor efecto de este tratamiento es dependiente de la severidad de las condiciones de realización (presión, catalizador, etc. ). (Tormos Bernardo, 2005)

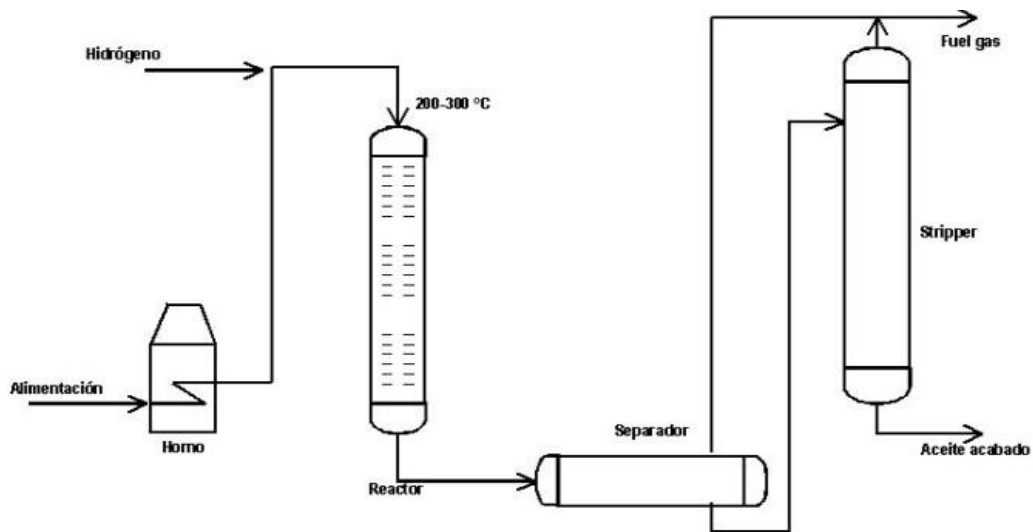


Figura 40  
Esquema del proceso hidroacabado

Fuente: Bernardo Tormos, *Diagnóstico De Motores Diesel Mediante El Análisis Del Aceite*

Desparafinado Innecesario para la mayoría de las bases nafténicos, la necesidad de eliminar las parafinas para mejorar las propiedades del flujo en condiciones de baja temperatura en las bases de tipo parafínico penaliza las mismas con mayores costes y pérdidas de producto (menor rendimiento). El refinado a ser desparafinado es mezclado con un solvente en el cual la parafina más pesada es insoluble a bajas temperaturas. El propano era usado como solvente, aunque ahora se tiende a utilizar solventes de tipo cetona tales como metil etil cetona o metil isobutil cetona. El solvente empleado y el refinado son mezclados juntos y enfriados hasta una temperatura en la que la mayor parte de la parafina cristaliza y puede eliminarse mediante un filtrado rotativo. El disolvente es separado tanto del aceite como de las parafinas y reciclado para un nuevo uso. (Tormos Bernardo, 2015)

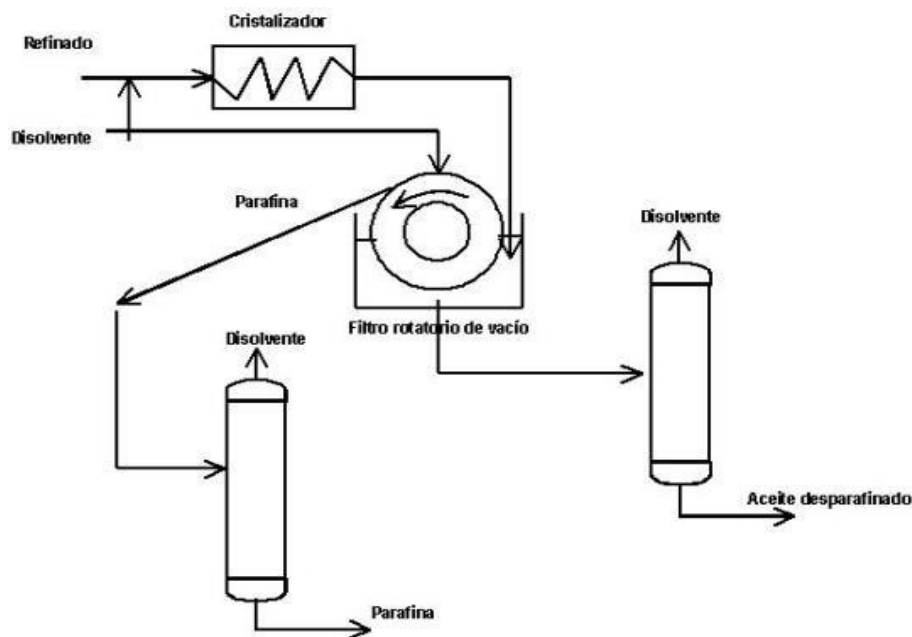


Figura 41  
Desparafinado con disolventes

Fuente: Bernardo Tormos,

- Los aceites reciclados podrán sustituir satisfactoriamente los aceites base cuando son directamente obtenidos del petróleo con el adecuado proceso de tratamiento que retira sus contaminantes.

### 3.1.- Aditivos.

Se les llama aditivos a todas las sustancias que incorporadas al aceite mejoran las propiedades intrínsecas de los aceites, mejorando sus propiedades de los índices de viscosidad como de lubricantes, le la actualidad un aceite de elevada calidad incorpora en sus aditivos hasta un 20% en su composición.

### 3.2. Clasificaciones y especificaciones de los aceites de motor.

La viscosidad es la primera norma para la clasificación de los aceites para motor y la clasificación para la viscosidad SAE, hasta incorporándose resístete mente la norma ISO, lo cual clasifican según la temperatura donde se usa las unidades en invierno como en verano.

La norma que rige los parámetros de viscosidad es la norma SAE J-300.

## NORMA SAE J300, 2015 PARA ACEITES DE MOTOR

GRADO VISCOSIDAD SAE	VISCOSIDADES A BAJA TEMPERATURA		VISCOSIDADES A ALTAS TEMPERATURAS		
	Viscosidad de Arranque mPa.s (cP)	Viscosidad de Bombeo mPa.s (cP)	Viscosidad Cinemática a 100°C mm <sup>2</sup> /s (cSt)		Viscosidad de Alto Corte a 150°C mPa.s (cP)
	ASTM D5293	ASTM D4684	ASTM D445		ASTM D4683
	Máx.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
0W	6,200 a -35°C	60,000 a -40°C	3.8	---	---
5W	6,600 a -30°C	60,000 a -35°C	3.8	---	---
10W	7,000 a -25°C	60,000 a -30°C	4.1	---	---
15W	7,000 a -20°C	60,000 a -25°C	5.6	---	---
20W	9,500 a -15°C	60,000 a -20°C	5.6	---	---
25W	13,000 a -10°C	60,000 a -15°C	9.3	---	---
8	---	---	4	<6.1	1.7
12	---	---	5	<7.1	2
16	---	---	6.1	<8.2	2.3
20	---	---	6.9	<9.3	2.6
30	---	---	9.3	<12.5	2.9
40	---	---	12.5	<16.3	3.5 (0W-40, 5W-40 y 10W-40)
40	---	---	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40 y 40)
50	---	---	16.3	<21.9	3.7
60	---	---	21.9	<26.1	3.7

Figura 42  
Clasificación del aceite según la norma SAE J-300

Fuente: Bernardo Tormos, 2015

### 3.1 FUNDAMENTOS SOBRE LUBRICACION

El concepto general de lubricación es la capa delgada que se interpone entre la superficie de contacto de dos elementos metálicos.

#### 3.1.1 PELÍCULA LUBRICANTE.

La principal función es se que permite la separación de las rugosidades entre dos superficies metálicas que se encuentran en fricción o movimiento relativo, evitando la fricción o que se produzca el contacto directo de las superficies metal con el metal.

#### 3.1.2 CALCULO DEL TIPO DE PELICULA LUBRICANTE.

Por diferentes métodos y procedimientos se calcula el tipo de película necesario para evitar la fricción directa de dos elementos en contacto

#### 3.1.3 COEFICIENTES DE FRICCION

Este coeficiente ya sea (sólido, fluido o combinado o EHL) lubricación elastohidrodinamica el parámetro más importante que cuenta cuando se seleccione el lubricante para una aplicación en especial. Esto dependerá el equipo o máquina que se



desea lubricar.

Los valores de los coeficientes de fricción se encuentran en los catalogo del fabricante del aceite

### **3.1.4 TIPOS DE LUBRICACION**

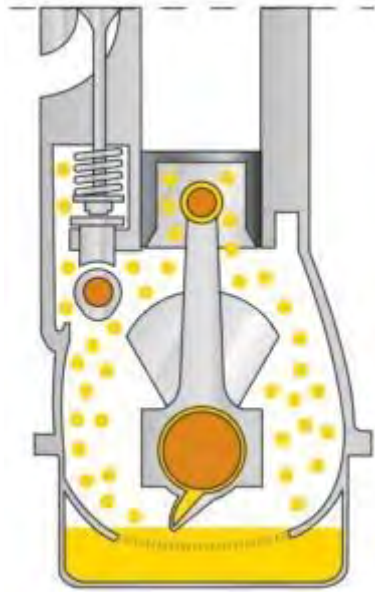
Todas las piezas de un vehículo necesitan ser lubricadas, según las propiedades de cada componente, el modo de engrase se aplica de otra manera. Es así que existen distintas formas de lubricación.

3.1.4.1 Lubricación por barboteo.

3.1.4.2 Lubricación forzada por presión.

#### **3.4.3.1 LUBRICACIÓN POR BARBOTEAO**

El aceite se almacena en un depósito llamado cárter del motor y debe tener un nivel de aceite adecuado para que las cabezas de biela recojan el aceite con una especie de cucharillas. Parte de este aceite lo envían a las bancadas de biela y otra parte por la parte baja del motor formando una niebla de aceite que se recoge en pequeños pozos que presentan orificios en su parte inferior, situados sobre zonas a lubricar. el lubricante cae posteriormente por gravedad de nuevo al cárter. Este sistema de lubricación se usaba en motores que contenían el árbol de levas y las válvulas en el bloque, ya que no era posible lubricar hasta la culata o tapa de cilindros. Esta lubricación es de tipo semifluido por impregnación, en la que no se pueden alcanzar grandes revoluciones porque se produce cavitación en cabezas de biela y cigüeñal y tampoco pueden existir grandes cargas. por todo ello, este tipo de lubricación está totalmente en desuso. (Tormos Bernardo, 2005)



*Figura 43*  
*Lubricación por barboteo*

*Fuente: autoytecnica.com 2015*

### **3.4.3.2 LUBRICACIÓN FORZADA POR PRESIÓN**

En los motores actuales debido a las altas exigencias mecánicas a las que están sometidas las piezas en movimiento, se hace imprescindible una excelente lubricación. Esto se logra con el tipo de lubricación del motor forzada por una bomba de aceite, accionada por el movimiento del cigüeñal, que se encarga de generar presión y caudal suficientes para hacer llegar el lubricante a través de canalizaciones especiales a todas las partes del motor que necesiten lubricación, esta lubricación puede ser: (Tormos Bernardo, 2005)

- De cárter húmedo. Es la más extendida.
- De cárter seco. Utilizada en motocicletas, todo-terrenos y vehículos de competición.

#### **3.4.3.1.1 lubricación forzada por cárter húmedo**

El lubricante es almacenado en un depósito, alojado en la parte baja del motor diésel, tiene el nombre. El circuito comienza en una bomba de aceite que conduce el lubricante a presión a todas las partes que necesitan que la bomba se encuentra sumergida en el depósito de lubricante, en el cárter, ésta es comandada por el cigüeñal, una vez accionada succiona el lubricante a través de una rejilla, que está prevista para recoger las impurezas grandes que pudiera tener el aceite lubricante, luego es enviado a presión a un filtro. la bomba lleva una válvula de regulación de presión máxima. (Tormos Bernardo, 2005)

1. Bomba de aceite
2. Inyectores para la refrigeración del pistón
3. Árbol de levas
4. Piñones de la distribución
5. Cigüeñal
6. Filtro de aceite
7. Válvula de sobrepresión
8. Radiador de aceite
9. Válvula para sobrepresión de aceite

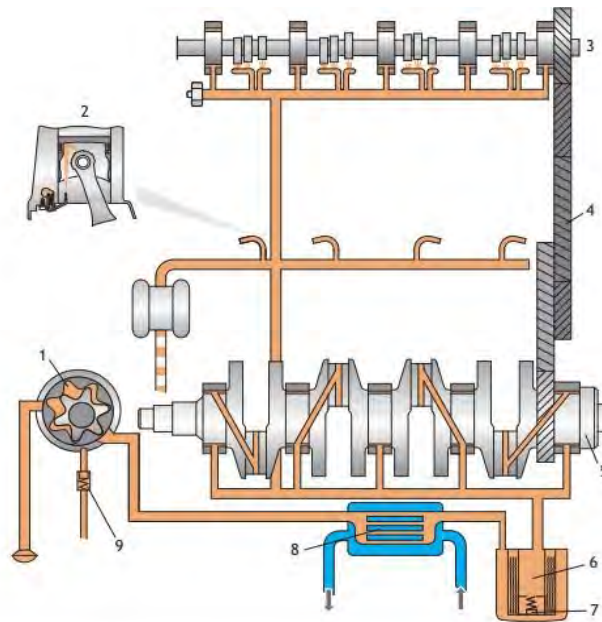


Figura 44  
Circuito de lubricación  
Fuente: autoytecnica.com

### FLECHA BLANCA ALIMENTACIÓN FLECHA NEGRA RETORNO

1. árbol de levas
2. al surtidor de aceite
3. surtidor de aceite
4. turbocompresor
5. colador de aceite
6. cárter
7. filtro de aceite
8. tensor de la cadena
9. al surtidor de aceite de la cadena
10. enfriador de aceite
11. conducción principal
12. al tensor de la cadena
13. a los árboles de levas y
14. accionamientos de las válvulas
15. retorno

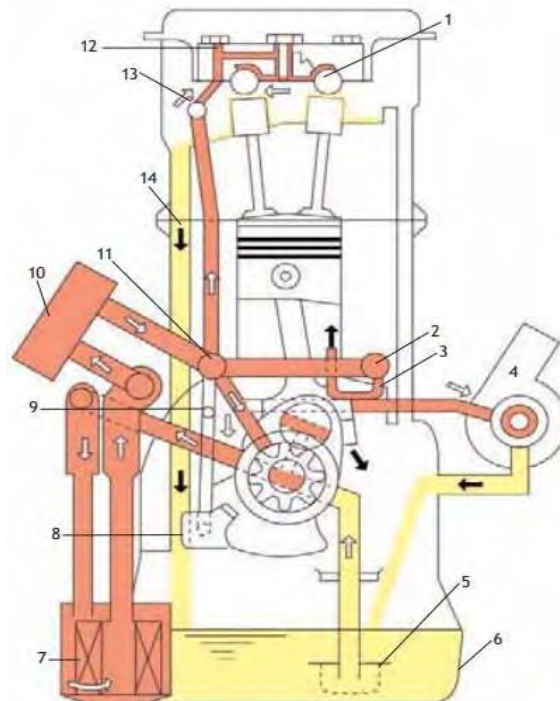


Figura 45  
Circuito de lubricación  
Fuente: autoytecnica.com

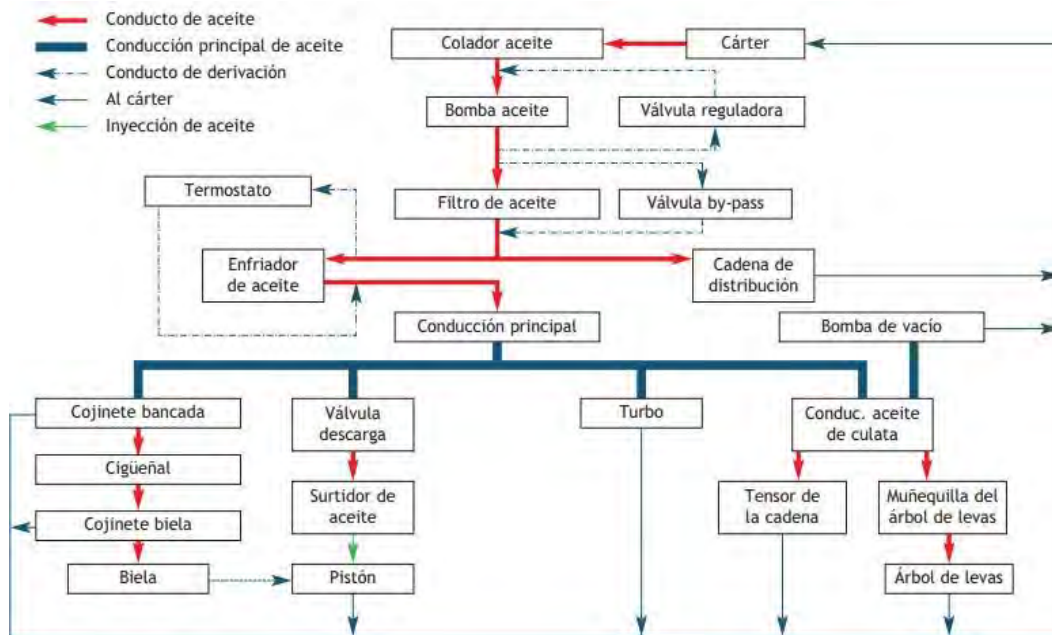


Figura 46  
Diagrama de flujo de circuito

Fuente: *autoytecnica.com*

### 3.4.3.1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CIRCUITO.

El fluido al pasar por la bomba de aceite luego pasa por el filtro, quien se encarga de filtrar y almacenar todas las impurezas más finas del aceite lubricante. Luego pasa a una galería principal de lubricante donde se distribuye a distintos circuitos que conducen el aceite a presión a todas las partes a lubricar dentro del motor, dando preferencia a las muñequillas o muñones de bancada; de ahí a través de taladros interiores en el cigüeñal va a lubricar las muñequillas o muñones de biela y de aquí a través de otro canal puede ir hasta el bulón o bien tener un taladro en la cabeza de biela que proyecta el aceite hacia la parte baja de la cabeza del pistón para refrigerar y engrasar. (Tormos Bernardo, 2005)

la parte baja de la cabeza del pistón y los cilindros también se pueden engrasar directamente desde la galería principal a través de unos inyectoros. Algunos pistones tienen un canal interior en la cabeza del pistón con el fin de refrigerarlos con la entrada de lubricante. (Tormos Bernardo, 2005)

### 3.4.3.1.1.2 REFRIGERACIÓN DEL PISTON.

Cuando el motor lleva consigo un turbocompresor, en la galería principal de lubricación, sale un caudal que envía aceite lubricante al eje del mismo para lubricar y refrigerar dicho eje. luego el aceite es devuelto al cárter. también debe lubricar la cadena de distribución, (si el motor llevara este sistema) llevando el aceite desde la galería principal. por último, el lubricante sube a la culata o tapa de cilindros, donde lubrica los apoyos del árbol de levas,

las levas y el accionamiento de la distribución variable, si lo llevase una vez lubricadas las muñequillas de bancada y de biela el aceite es proyectado en los extremos de los cojinetes, siendo centrifugado además por el movimiento del cigüeñal, creando una niebla de aceite que lubrica por impregnación los cilindros, y el aceite cae por la fuerza de la gravedad a través del segmento de engrase que lo va rascando y haciendo que entre al interior del pistón por unos orificios para que lo refrigere y de ahí, pasa al cárter. (Tormos Bernardo, 2005)

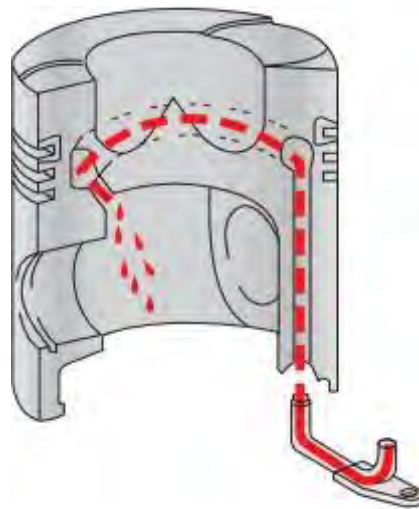
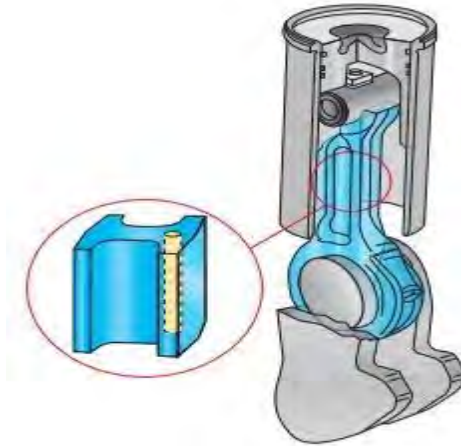


Figura 47  
Circuito de aceite dentro del pistón  
Fuente: [autoytecnica.com](http://autoytecnica.com)



*Figura 48  
subida del aceite hacia el pistón*

*Fuente: autoytecnica.com*

### **3.4.3.1.2 LUBRICACIÓN FORZADA POR CÁRTER SECO**

En este tipo de lubricación no hay un cárter bajo el motor, existe un pequeño recipiente donde se acumula el aceite sobrante de la lubricación y refrigeración. este aceite está gasificado y caliente, de ahí es absorbido por una o dos bombas que lo envían a un refrigerador de aire/aceite para que se condense al bajar su temperatura. (Tormos Bernardo, 2005)

después pasa al depósito, donde sirve de decantador y es absorbido por la bomba de presión del circuito y enviado a la galería principal de engrase por un latiguillo. (Tormos Bernardo, 2005)

las ventajas de este tipo de lubricación son:

- El motor tiene una menor altura, por lo que baja el centro de gravedad del vehículo.
- Existe una lubricación más asegurada, así que el vehículo tenga inclinaciones distintas a la horizontal

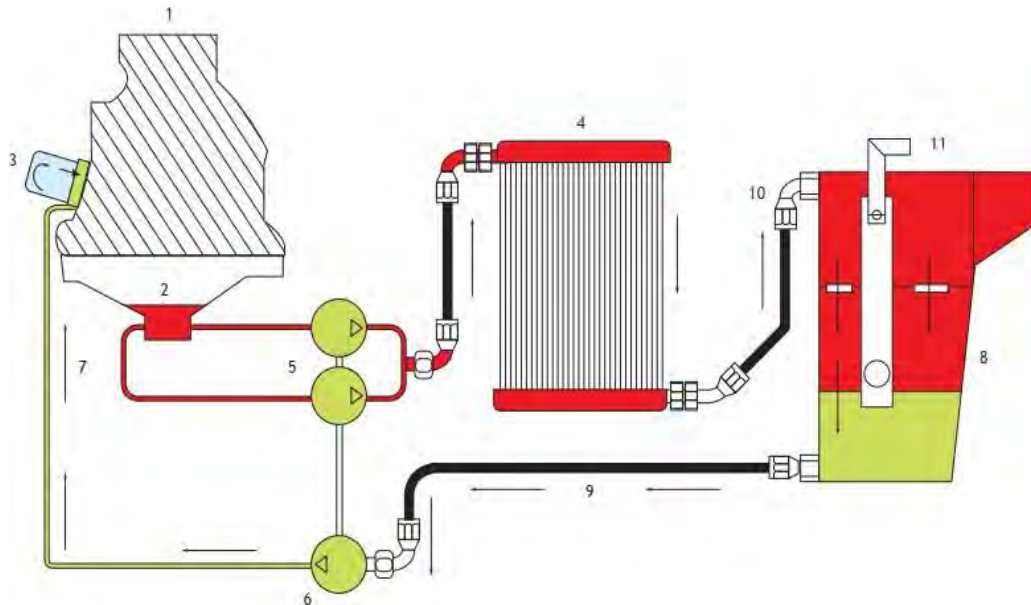


Figura 49  
Lubricación forzada por carter seco  
Fuente: [autoytecnic.com](http://autoytecnic.com)

1. Motor.
2. Recogedor de aceite.
3. Filtro.
4. Radiador.
5. Bomba de aspiración.
6. Bomba de presión.
7. Aceite gasificado caliente.
8. Depósito.
9. Aceite desgasificado frío a baja presión.
10. Aceite gasificado frío.
11. Al recuperador. (Autotecnia, 2015)

Entre los aspectos más importantes y que repercute considerablemente en los costos de producción en una planta es el del consumo de energía en los diferentes equipos rotativos, por lo tanto es necesario implementar programas de tribología encaminados al estudio de los diferentes fenómenos de la fricción que conduzcan a determinar los valores de los coeficientes de fricción de los lubricantes que se están utilizando y compararlos con los de otros lubricantes que pueden dar lugar a un menor consumo de energía. para lograr resultados altamente productivos mediante el control de la fricción se requiere que la industria innove sus prácticas y metodología de lubricación

## CAPITULO IV

### 4 - ANALISIS E INTERPRETACIÓN DEL MUESTREO

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de lubricantes es una herramienta muy utilizada en la ingeniería de mantenimiento que ayudará a detectar posibles fallos internos dentro del motor así nos proveerá de data muy valiosa, que nos servirá para establecer nuevos parámetros dentro del plan de mantenimiento de estas máquinas. Así como una correcta interpretación de los datos brindados por el laboratorio nos brindara valiosa información sobre el funcionamiento de nuestras máquinas.

#### 4.2 ANÁLISIS DEL ACEITE.

Ayuda a evitar posibles fallos y registra niveles de deterioro, así evitando que posibles daños menores se convierta en grandes. Por tal sentido el estudio al aceite lubricante de distintas partes como: sistema hidráulico, dirección hidráulica, sistema de frenos, mando de rola, motor, transmisión, caja marina, mandos finales, tándems, , tornamesa, circulo de giro, compresor, cabezal de rotación, bastidores, etc.



*Figura 50  
Recolección de muestra del aceite*

*Fuente: Ferreyros Servicio De Diagnóstico De Aceite SOS*



#### 4.2.1 VARIABLES QUE AFECTAN EL DESGASTE.

Hay 3 factores: El Aceite Lubricante, La Contaminación, Las Partículas de Desgaste. ((Ferreyros, 2013)

#### 4.2.2 TIPOS DE ANÁLISIS.

El Análisis calendarizado de Aceite indica en un proceso de ítems de diagnosis que calculan la polución y degradación en una muestra. Las pruebas, son:

#### 4.2.3. DETECCIÓN DE ELEMENTOS DE DESGASTE

Se realiza en un ambiente ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo), se revelan 22 moléculas metálicas, dañinos en temas de contaminación y Aditivacion como: el Cu, Fe, Cr, Ni, Ti, V, Cd, Ag, Pb, Sn, Al, Si, Na, K, Mo, B, Ba, Ca, Mg, Mn, P y Zn; La combinación de partículas de elementos declara un usual o inusual resquebrajamiento de piezas del equipo. Se calcula en porción pormillón (ppm) o miligramo / Litro (mg/Lt) y descubre moléculas de 8 ó 10 micrones (u). (Ferreyros, 2013, p.12)

#### PROCESO REALIZADO EN LABORATORIO DEL ANÁLISIS DE ACEITE

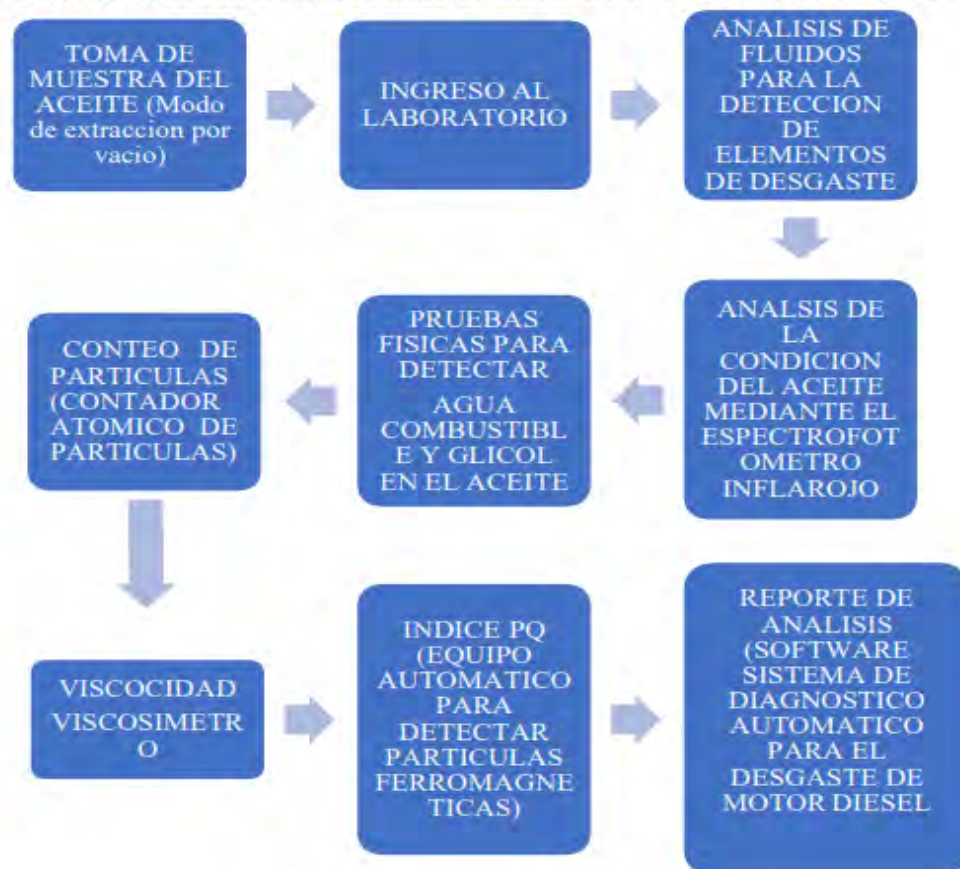


Figura 51  
diagrama de proceso de análisis

Fuente: Ferreyros Servicio De Diagnóstico De Aceite SOS



*Figura 52*  
*Equipo de plasma IPC*  
*Fuente: Ferreyros 2019 laboratorio. SOS*

#### **4.2.4 ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL ACEITE.**

Analizado a través de un espectrofotómetro infrarrojo, (FT-IR: Fourier Transformada) Infra red Análisis), determina moléculas orgánicas al mesurar su asimilación de llama infrarroja a la distancia de onda establecida. Empleado al aceite del total de secciones, evalúa la cuantía de Hollín, Oxidación, Nitración y Azufre, polución con Agua, Combustible o Glicol. Son expuestas en proporciones (UFM = Unsubtracted FT-IR Method number) (Ferreyros, 2019, p.12)

#### **4.3 PRUEBAS FÍSICAS.**

Se confirma presencia de Agua, Combustible y Glicol en el componente de aceite.

##### **4.3.1 AGUA.**

El hallazgo y cuantía contigua de agua se desvela en la “Prueba de Chisporroteo”. La medida de chisporroteo divide la proporción agua encontrada (Trazas = 0.1%, Positivo = 0.5% y Excesivo = 1.0% y +1. 0%). Otra medida de agua por encima de 0.5% es peligroso, el agua mezclada con el lubricante instaura una solución y un ácido agresivo que carcome el metal.

#### 4.3.2 COMBUSTIBLE.

Se evidencia por la "Prueba de Destello", en un Seta flash graduado se inyecta 4 ml de aceite en un recipiente hermético y se hierve 2 minutos; la niebla del comburente impulsados por el calor ocasionarán destellos, si la disolución es exacto o superior que el 4.0% , la contaminación con comburente reduce las cualidades lubricantes del aceite, la laminilla de aceite pierde la fortaleza obligatoria para imposibilitar el roce de metal contra metal y acarrear al desperfecto de los cojinetes y agarrotamiento del embolo.

#### 4.3.3 GLICOL

#### 4.3.4. ANALISIS TBN (NUMERO BÁSICO TOTAL)

llamado también BN, es la Cantidad expuesta en conclusión correspondiente de mg de base, que demanda para contrarrestar los ácidos inmersos en un gramo muestra, las unidades se dan en: (mg KOH/g aceite). (Ferreyros, 2019, p.14)

#### 4.3.5. CONTEO DE PARTICULAS.

Pondera y clasifica, conforme la dimensión, el número de moléculas actuales en el óleo incluso de medida mayor o igual que 50 micras; tanto las moléculas metálicas como las no metálicas. Emplea el ISO 4406 año 1999 para fijar los efectos del análisis. (Ferreyros, 2019, p.15)



*Figura 53*  
*Equipo de conteo de partículas*  
*Fuente: Ferreyros 2019 lab. SOS*

### 4.3.6 VISCOSIDAD.

“Es la oposición del óleo a discurrir, es la propiedad más sustancial del óleo, es fundamental que el óleo detente la viscosidad adecuada a temperaturas elevadas 18 e inferiores donde va a laborar el compartimento. Para evaluar la viscosidad, es bajo 2 niveles de medida. A 40°C (Temperatura atmosférica) A 100°C (Temperatura de trabajo).



Figura 54  
Equipo de medición de viscosidad  
Fuente: Ferreyros 2019 lab. SOS

### 4.3.7 ÍNDICE PQ.

Determina cantidad de moléculas ferromagnéticas en especímenes de oleo gastado, estas moléculas ferrosas logran ser incluso superiores a 10 micras. Es un mecanismo valioso ya que reconoce moléculas ferrosas mayúsculas no localizadas por demás métodos analíticos. Este indicativo es una cantidad adimensional y es capaz de vincularse con el Conteo de Partículas y/o con la ppm logradas por la herramienta ICP Plasma. (Ferreyros, 2019, p.16)

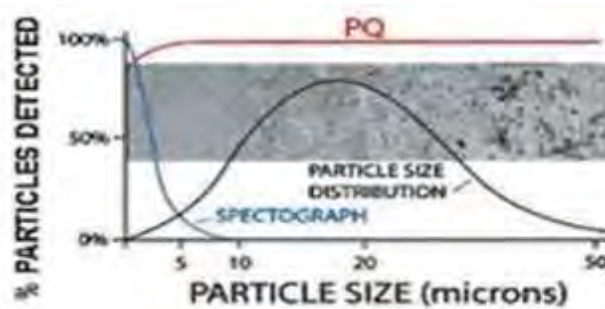


Figura 55  
Conteo de partículas  
Fuente: Ferreyros (2019)

### 4.3.8 HOJA DE RESULTADOS

Los datos obtenidos de Laboratorio muestran los efectos de las 4 muestras de aceite, la paráfrasis contempla la totalidad de los componentes. Corrige los datos obtenidos y

antecedentes del total de maquinarias asignadas en el sistema.

#### **4.4 TRABAJO REALIZADO EN LABORATORIO DEL ANÁLISIS DE ACEITE**

➤ **Análisis de Desgastes, Contaminantes y conjunto de Aditivos:**

Mediante el equipo de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP), permite analizar 22 elementos metálicos, con el fin de desarrollar tendencias de desgaste interno, contaminantes y paquete de aditivos.

➤ **Análisis de la Condición del Aceite:**

Analiza los niveles de hollín, sulfatación oxidación, nitración, oxidación y restos de contaminantes como agua, glicol y combustible.

➤ **Viscosidad:**

Analiza la viscosidad del aceite en CentiStokes (cSt) a 100°C.

➤ **Contaminantes:**

Se detecta contaminantes como agua y combustible, determinando si están dentro de los rangos Caterpillar.

➤ **Análisis de Conteo de Partículas:**

Se realiza una muestra de aceite según la clasificación de la Norma ISO 4406. A través de este análisis también se verificará los Códigos ISO de limpieza de fluidos para la Certificación cinco Estrellas en Control de la Contaminación, la misma que obtuvo Ferreyros en 2013 y que es auditada permanentemente para mantenerse vigente. ((Ferreyros, 2013)

➤ **Análisis Ferromagnético PQI:**

Identifica la cantidad de partículas ferromagnéticas que se encuentran en el aceite. Determina el nivel exacto de componentes metálicos en el aceite. ((Ferreyros, 2013)

## **4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

### **4.5.1 POBLACIÓN:**

Establecida por la integridad de unidades (4) de motores diésel marca Mitsubishi modelo 4M50 y 175 hp la empresa Contratista Motta SRL Ubicación De Trabajo Dentro De la Minera Tintaya- Antapacay, encontrándose a una altitud de trabajo de 4100 msnm ((Ferreyros, 2013)

### **4.5.2 MUESTRA. –**

Al determinar el tamaño de muestra, inicialmente se verifica la diferencia entre los motores diésel; al comparar la degradación con otras unidades y del aceite en el tiempo. Las diferencias significativas entre Máquinas con respecto a la Oxidación, Nitración, Sulfatación, Hollín, Viscosidad y PQI. Así justifica el estudio de un solo modelo de motor. ((Ferreyros, 2013)

## **4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.**

### **4.6.1. TÉCNICAS.**

La técnica aplicada en este estudio será de: Encuestas y observaciones directas.

### **4.6.2. ENCUESTA.**

La forma en que se adquiere la información social de la información.

### **4.6.3. OBSERVACIÓN DIRECTA:**

Este método de acopio de información muy importante y consta en la anotación sistematizada, legítimo y confiable a través de un resumen de observación.

### **4.6.4. DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Se usa la los datos estadísticos de servicio de comparación de los rangos de degradación de los componentes del aceite para motores diésel Mitsubishi 4M50, por tal motivo utilizaremos.

#### **4.6.5 FICHA DE OBSERVACIÓN:**

Se acopia la información para que luego posibilite, observe y se pueda distinguir de forma presencial, los procesos de todas las labores implicadas en el estudio proporcionando identificar cada una de las ítems del mismo, para su especial entendimiento.

#### **4.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.**

#### **4.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.**

##### **4.7.1 . VALIDEZ:**

La aprobación de siguiente indagación se formaría a través del estudio de comportamiento de los parámetros de degradación del aceite para mejorar la calidad de servicio de mantenimiento en las unidades en estudio, considerando que para la vigente labor de indagación la información adquirida es de tipo primario y secundario apoyándonos en datos logrados directamente de campo y datos conseguidos por terceros.

##### **4.7.2 . CONFIABILIDAD:**

La actual indagación científica emplea herramientas para la investigación ya ratificados por autores que han elaborado análisis vinculados al contenido por consecuente se está emplazando a los autores agregando año de publicación y numero de página de la cual se consigue la información mostrada.

#### **4.8. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.**

En la vigente indagación se usó un estudio representativo de la evaluación del comportamiento de los parámetros de degradación del aceite lubricante en motores diésel Mitsubishi 4M50, siendo tramitados estos datos empleando el Excel, lo cual favoreció el análisis, factibilidad técnica y económica del análisis.

---

**SERVICIO DE ANALISIS DE FLUIDOS DEL LABORATORIO S·O·S DE  
FERREYROS**

A continuación, le hacemos extensiva la presentación de nuestro Laboratorio donde podrá observar los análisis que realizamos (aceites, combustibles y refrigerantes) y reporte modelo que emitimos. El Laboratorio de Análisis de Fluidos S·O·S de Ferreyros, dispone de un programa de análisis periódico de fluidos, que nos permite anticiparnos a problemas potenciales en los diferentes componentes de una maquinaria/equipo. ¿Tiene una flota mixta? No es un problema. Ofrecemos análisis de fluido para todos los tipos de productos, sin importar si son de fabricación de Caterpillar u otro OEM (Fabricante de Equipos Originales), ((Ferreyros, 2013)

para aplicaciones que van desde la agricultura y construcción, así como minería, sector marino y más. ¿Por qué elegir los servicios de Laboratorio S·O·S? Cuando elige los servicios del Laboratorio S·O·S, sabe que cuenta con pruebas de fluidos fiables y de calidad como en todos los laboratorios de Caterpillar o de los distribuidores. Y obtiene los resultados en poco tiempo, de manera que pueda tomar medidas para evitar fallas antes de que ocurran.

Análisis de Aceite Nuestro análisis exhaustivo de los sistemas de lubricación (motores, transmisiones, sistema hidráulico, mandos finales, diferenciales, cajas de engranajes y compresores) detecta los primeros indicios de daños en metales desgastados. También permite identificar los contaminantes, como agua, combustible, glicol o suciedad, que puedan afectar el rendimiento. Verificamos el estado del aceite y proporcionamos un análisis general de partículas. ((Ferreyros, 2013)



Muestra de aceite



Pistón con: carbón, lacas, barnices y corrosión



Los análisis que realizamos a las muestras de Aceite de los Componentes: **MOTORES (Sistemas Abiertos) y Sistemas Cerrados (SISTEMAS HIDRAULICOS, TRANSMISIONES, COMPRESORES, CABEZALES, MANDOS FINALES, ETC.)** son los siguientes:

- a) **Análisis de Desgastes, Contaminantes y Paquete de Aditivos.** - Mediante equipos de Plasma ICP. Detectamos 22 elementos: desgastes de metales, paquete de aditivos del lubricante y contaminantes. *Norma ASTM D5185.*
- b) **Análisis del Estado del Aceite.** - Analizamos los parámetros de *Soot, Oxidación, Nitroclación, Sulfatación*; así como también puede detectar trazas de los siguientes contaminantes: Agua, Glicol y Combustible. Herramienta eficaz para identificar problemas en sus equipos y sus causas, optimizando los intervalos de cambio de aceite y evaluar la degradación química de su lubricante. Nuestros resultados en lecturas UFM método Caterpillar. *Norma ASTM E2412.* (Esta prueba se realiza a los aceites de motor).
- c) **Viscosidad.** - Entregamos la viscosidad en cSt a 100 °C. *Norma ASTM D445.*
- d) **Contaminantes.** - Agua, Fuel y Glicol y determinamos si están dentro de los rangos CAT.
  - *Contaminación con Agua (T=Trazas, P=Positivo, E=Excesivo).* Crackle Test.
  - *Contaminación con Combustible (T=Traza, P=Positivo, E=Excesivo).* *Norma ASTM D3278.* (Para muestras de aceite de motor diesel).
  - *Contaminación con Refrigerante (P=Positivo).* (Para muestras de aceite de motor).
- e) **Análisis de TBN.** - Para la medición de la reserva alcalina de 0 a 15 mg KOH/gramo de muestra. (Esta prueba se realiza a los aceites de motor).
- f) **Índice PQ.** - Ferreyros empresa pionera desde 2003 con el desarrollo de esta prueba. El PQ es un equipo automático para determinar cuantitativamente partículas ferromagnéticas en muestras de aceites usados. Estas partículas ferrosas pueden provenir del acero, hierro o alguna aleación ferrosa. *Norma ASTM D8184.*
- g) **Análisis de Conteo de Partículas.** - Ferreyros es la empresa pionera desde 1995 en el desarrollo de tendencias de códigos ISO de fluidos nuevos y usados. Se entrega en el reporte el Código ISO correspondiente así como la distribución de las partículas (metálicas y no metálicas) en los ocho canales de medición. *Se analizan a aceites nuevos, aceites usados de sistemas hidráulicos y transmisiones (aceites con viscosidad hasta 105 cSt a 40 °C) y no se incluyen aceites usados de motor. ISO 11171:1999.*
- h) **ProScope.** - Este equipo (lente de enfoque fija de 50x) es utilizado para la toma de fotos a las partículas visibles. La imagen se adjunta en el Reporte de Análisis.

**Tarifa de Análisis Aceite (Nivel 1): \$ 20.00 agregar IGV.** (Tiempo de respuesta 48 horas útiles<sup>1,2,3,4</sup>, después de recibida las muestras en nuestras instalaciones).

**Tarifa de Análisis Aceite (Nivel 2): Incluye Nivel 1 más TBN \$ 25.00 agregar IGV.** (Tiempo de respuesta 48 horas útiles<sup>1,2,3,4</sup>, después de recibida las muestras en nuestras instalaciones).

Para nuestros clientes que cuentan con el programa SOS WEB, creación de etiquetas con códigos QR (código de respuesta rápida) para las muestras de fluidos, desde la base de datos de sus máquinas que están registrados en nuestro sistema lo que permitirá tener mejor información de los datos de sus máquinas como: horómetro, horas del aceite, marca/tipo del fluido, lugar de trabajo, PM,.....etc.

<p>193511999</p>	Modelo: MBP10000 Motor: MBP10000	Modelo: 306D2 Marca: CATERPILLAR Fecha: 11-Apr-2018
	Lubricante: 1000 0 Motor en Fluid: 257.0	Filtro Changed: No Motor Changed: No Motor Fluid:
	Fluid Info: [CAT] (C4) [15W-40] Customer: CARGO I S.A. Location: PASCO - CONSTRUCCION Equip Job #: PAS CP10258	
	CAPACIDAD COMPONENTE: 18.5 LITROS	



**FORMATO DATOS DE MUESTRAS**, en este archivo se debe de registrar los datos de las muestras de los fluidos que están enviando para ser analizados, este archivo (Excel) se debe de imprimir y adjuntar con la guía; además se debe de enviar el archivo (electrónico) a los responsables del laboratorio a: [laboratorio@ferreyros.com.pe](mailto:laboratorio@ferreyros.com.pe).

Nombre (Cliente/Sucursal/Subsidiaria)		NUMERO DE GUIA : 999-999999																							
DATOS DE MUESTRAS DE FLUIDOS(V.1)																									
Enviar los datos de las muestras de fluidos de acuerdo al siguiente formato, ver siguiente ejemplo:																									
SERIAL DEL FLUIDO	MARCA SOLERA/MARCA OILINA	MODELO MOTOR/ SERVO MOTOR	TIPO DE MOTOR/ SERVO MOTOR	MARCA ACEITE/ OILINA	COMPARTIMENTO	HORAS DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO	TIPO DE FLUIDO	FECHA DE MUESTRA (DD/MM/AAAA)	CANTIDAD DE FLUIDO	TIPO DE FILTRO	MARCA COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	TIPO DE COMPONENTE	
D40	Caterpillar	140H	SH400D40	#12	BAJOS	15,000	500	240	10/24/14	SI	SI	Caterpillar	500	40C11170	2.5	50	Caterpillar	D-4	50W	CHOLUPIS					
	Caterpillar	140H	SH400D40	AA-04	SISTEMA HIDRAULICO	15,000	5,000	2,000	10/24/14	SI	SI				4.5	50	Caterpillar	Hydra-Advanced	10	CHOLUPIS					
	Caterpillar	140H	SH400D40	AA-04	TRANSMISION	15,000	15,000	1,000	10/24/14	NO	SI				0.0	50	Caterpillar	TD-4	50	CHOLUPIS					
	Caterpillar	140H	SH400D40	AA-04	TRACCION DIRECTA	15,000	5,000	1,000	10/24/14	NO	N.A.				0.0	40	Caterpillar	TD-4	40	CHOLUPIS					
	Caterpillar	140H	SH400D40	AA-04	TRACCION COJINETO	15,000	5,000	1,000	10/24/14	NO	N.A.				0.0	50	Caterpillar	TD-4	50	CHOLUPIS					
	Caterpillar	140H	SH400D40	AA-04	CRISTAL DE CRISTAL	15,000	5,000	1,000	10/24/14	SI	N.A.				0.0	50	Caterpillar	50-5	30W50	CHOLUPIS					
	Caterpillar	140H	SH400D40	AA-04	PROTECTOR	15,000		5,000	10/24/14	NO	N.A.				0.0	40	Caterpillar	50-5		CHOLUPIS					
	Caterpillar	140H	SH400D40	AA-04	TRAVES DE CONJUNTOS	15,000			10/24/14	NO	N.A.				0.0	40	Repsol	68-1-60		CHOLUPIS					

Este archivo debe de ser enviado en correo electrónico.

NOTA:  
N.A = No Aplica

Datos del contacto Laboratorio S.O.S. - Muestras Analíticas y otros servicios:  
 Dirección de Muestras: 629-5542 / 62927923      Información de Resultados: 629-8102 / 98902122      e-mail: [laboratorio@ferreyros.com.pe](mailto:laboratorio@ferreyros.com.pe)  
 Registro de Muestras: 999-9999

El Laboratorio de Análisis de Fluidos, con una sólida experiencia de más de 40 años de servicio, actualmente estamos analizando un promedio mensual de 10,000 muestras de fluidos, también cuenta con la Certificación ISO 9001:2015, entrega los resultados de análisis (archivo pdf) vía correo electrónico con el asunto: Status of the report requested en un tiempo máximo de 48 horas <sup>1 2</sup>, después de recibidas las muestras (con los datos completos y correctos) en nuestro laboratorio, con excepción de los ensayos de combustible: nivel 2 <sup>3</sup>. Si las muestras no vienen embaladas correctamente y/o no tienen etiquetas QF (clientes que cuentan con SOS Web) los tiempos de respuesta serán mayores a 72 horas.

Los resultados de análisis de los fluidos de máquinas:

- Caterpillar, son interpretadas en base a tendencias y tablas de desgastes del fabricante.
- Otras marcas, en base a tendencias.

Los informes son entregados vía mail y también se encuentran disponibles en la WEB (para nuestros clientes).

**El Horario de atención: Lunes a Viernes de 7:00 am a 12:00 m y 1:00 pm a 4:30 pm, Sábados de 8:00 am a 12:15 pm (días hábiles).**

Nuestras tarifas <sup>4</sup> por cada análisis completo (descrito anteriormente) de Aceite, Combustible o Refrigerante están indicados en la descripción que se detalla a cada tipo de análisis.

## **4.9 ASPECTOS ÉTICOS DEL LABORATORIO SOS FERREYROS.**

### **4.9.1 CONFIDENCIALIDAD:**

La info obtenida de la Empresa Unimaq SA Laboratorios SOS es tratada en total privacidad y usados exclusivamente para este estudio.

### **4.9.2 DERECHOS DEL AUTOR.**

Con todos los derechos del autor según decreto legislativo N-822-1996

### **4.9.3.- CITACIONES.**

todos los elementos mencionados imitando los estándares ISO690-690-2 y APA sexta edición correspondiente

### **4.9.4.- RESPETO.**

A la comprobación de los ambientes de trabajo para la respectiva evaluación de motores Diesel Mitsubishi

### **4.9.5.- DIGNIDAD.**

Al realizar todos los intercambios de información con los trabajadores de la empresa se realiza con decoro hacia el personal que labora

#### 4.9.6. RESULTADOS.

Se expone con evidencia todos los resultados obtenidos en la investigación.

#### 4.9.7. MUESTREO Y DATOS:

Tabla 11  
Designación de códigos de motor

COD	UNIDAD
A	MOTOR A MITSUBISHI (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP (mineral)
B	MOTOR B MITSUBISHI (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP (mineral)
C	MOTOR C MITSUBISHI (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP (mineral)
D	MOTOR C* MITSUBISHI ( MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac Extreme semisintetico)

Fuente: elaboración propia

#### 4.10 MUESTREO DE DATOS DE MOTORES

Tabla 12  
Codificación para motor A

MOTOR A (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP mineral			
MUESTRA		ODO KM	KM RECORIDOS (C/10 días)
A1	6-Abr-22	15050	0
A2	15-Abr-22	16035	985
A3	26-Abr-22	17033	998
A4	6-May-22	18023	990
A5	16-May-22	18983	960
A6	26-May-22	19968	985
	TOTAL	19968	4918

Fuente: elaboración propia

Tabla 13  
Codificación para motor B

<b>MOTOR B (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP mineral</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>ODO KM</b>	<b>KM RECORIDOS (C/10 días)</b>
B1	10-Abr-22	20033	0
B2	20-Abr-22	20893	860
B3	30-Abr-22	21768	875
B4	6-May-22	22654	886
B5	16-May-22	23508	854
B6	25-May-22	24362	854
TOTAL		24362	4329

Fuente: elaboración propia

Tabla 14  
Codificación motor C

<b>MOTOR C (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac MX ESP mineral</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>ODO KM</b>	<b>KM RECORIDOS (C/10 días)</b>
C1	7-Jun-22	20069	0
C2	17-Jun-22	21071	1002
C3	27-Jun-22	22086	1015
C4	27-Jun-22	23105	1019
C5	7-Jul-22	24090	985
C6	17-Jul-22	25094	1004
total		25094	5025

Tabla 15  
Codificación motor C\*

<b>MOTOR C* (MOD 4M50) Mobil 15w40 Delvac Extreme</b>			
<b>semisintético</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>ODO(KM)</b>	<b>KM RECORIDOS (C/10 días)</b>
<b>C*</b>			
C*1	18-Jul-22	25094	0
C*2	28-Jul-22	26162	1068
C*3	7-Ago-22	27185	1023
C*4	17-Ago-22	28144	959
C*5	27-Ago-22	29232	1088
C*6	5-Set-22	30283	1051
	total	30283	5189

Fuente: elaboración propia

REPORTE DE ANÁLISIS DE ACEITE		MOTOR : MITSUBISHI MARCA/GRADO DE ACEITE : MOBIL/15W40																															
		FABRICANTE: MITSUBISHI MODELO: 4M50																															
ELEMENTO	PARAMETRO	dato																														EVALUACION	
		linea base (LB)	Norma	MOVIL 15W40 DELVAC MX ESP MINERAL															MOVIL 15W40 DELVAC EXTREME SEMISINTETICO						LIMITES								
				MOTOR 1					MOTOR 2					MOTOR 3					MOTOR 4						NAR	SEG	AR						
A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	LB	Norma	C*1	C*2	C*3	C*4	C*5	C*6								
DE DESGASTE	Cu	1	ASTM D445	0	2	8	15	18	25	0	3	11	12	22	22	0	2	9	16	18	21	0	ASTM D445	0	2	4	6	6	7	<7	8 a 15	>16ppm	
	Fe	3	ASTM D445	0	5	8	13	22	31	0	12	21	22	28	45	0	15	18	22	39	49	0	ASTM D445	0	9	12	14	20	21	<15	38 a 39	>39	
	Cr	0	ASTM D445	0	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2	2	2	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	1	<3	4 a 10	>11	
	Al	2	ASTM D445	0	6	9	9	10	12	0	6	10	11	12	14	0	4	6	11	14	15	0	ASTM D445	0	3	4	5	5	5	<2	2 a 10	>11	
	Pb	1	ASTM D445	0	0	0	1	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	1	<7	8 a 10	>11	
	Sn	1	ASTM D445	0	1	1	1	1	2	0	1	1	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0		1 a 9	>10	
	Si	2	ASTM D445	0	6	7	7	9	9	0	5	7	7	8	8	0	6	9	9	9	9	0	ASTM D445	0	3	3	4	5	6	<11	12 a 14	>26	
	Na	1	ASTM D445	0	1	1	2	2	3	0	1	1	1	2	2	0	2	2	2	2	3	0	ASTM D445	0	3	3	3	4	5	<10	11 a 35	>40	
	K	0	ASTM D445	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	1			>40	
	Mo	30	ASTM D445	30	35	40	41	45	49	30	30	35	38	40	45	30	33	39	40	45	50	80	ASTM D445	80	88	90	90	90	90				
	Ni	1	ASTM D445	1	5	5	8	10	11	1	2	5	6	8	8	1	3	3	5	6	8	0	ASTM D445	0	0	1	1	2	3		1 a 2	>5	
	Ag	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0			>5	
	Ti	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0				
	V	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0				
	Mn	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0				
	Cd	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	1				
	Ca	2000	ASTM D445	2000	1855	1542	1422	1309	1251	2000	1845	1656	1588	1455	1305	2000	1966	1855	1808	1755	1489	3500	ASTM D445	3500	3455	3200	3085	2833	2509	<-5% perdida	10%perdida	>15%perdida	
	P	1300	ASTM D445	1300	1288	1269	1235	1185	1117	1300	1277	1256	1218	1196	1155	1300	1285	1266	1236	1203	1178	1600	ASTM D445	1600	1544	1527	1501	1466	1423	<-5% perdida	10%perdida	>15%perdida	
	Zn	1400	ASTM D445	1400	1395	1355	1301	1245	1229	1400	1365	1295	1256	1215	1208	1400	1368	1315	1243	1204	1196	1900	ASTM D445	1900	1844	1811	1769	1703	1685	<-5% perdida	10%perdida	>15%perdida	
	Mg	1100	ASTM D445	1100	1033	965	936	898	868	1100	1039	958	906	864	848	1100	1055	984	954	915	884	1600	ASTM D445	1600	1577	1685	1635	1562	1411	<-5% perdida	10%perdida	>15%perdida	
Ba	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0					
B	0	ASTM D445	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0					
DE CONDICION DE ACEITE	ST (hollin)	0	ASTM D445	0	3	5	7	7	8	0	1	3	5	5	7	0	2	3	3	7	7	0	ASTM D445	0	1	1	2	3	3	<2%	2 a 6 %	>6%	
	OXI (ISO 4406:99)	0	ASTM D445	0	3	8	10	10	12	0	1	4	5	8	11	0	1	4	4	5	8	0	ASTM D445	0	0	2	3	3	5			>20%	
	NIT (ISO 4406:99)	0	ASTM D445	0	2	6	12	15	17	0	2	2	3	7	10	0	3	5	7	9	13	0	ASTM D445	0	2	3	5	5	6			>20%	
	SUL (ISO 4406:99)	0.78	ASTM D445	0.78	9	15	20	24	28	0.78	3	9	15	16	29	0.78	6	6	13	15	25	0	ASTM D445	0	2	4	8	10	11	<0.29%			
	W (agua)	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0	<0.25%		>0.2%	
	A anticongelante)	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0				
	F (combustible)	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ASTM D445	0	0	0	0	0	0				
	V100 (cSt) A100C°	14.1	ASTM D445	14.1	13.5	13.1	12.9	11.5	10.8	14.1	13.6	12.9	11.9	11.3	10	14.1	13.9	13.6	12.8	11.9	11.1	0	ASTM D445	14.3	14.2	14	13.8	13.7	13.5	<11.8%	14.1	>17.7	
PQI	0	ASTM D445	0	18	25	37	42	53	0	14	20	29	32	37	0	15	19	25	29	39	0	ASTM D445	0	12	15	18	23	30			>39		

Figura 56  
Reporte de parámetros de degradación

## 4.11 COMPORTAMIENTO FISICOQUÍMICO DEL ACEITE.

### 4.11.1 VALORES OBTENIDOS DE HOLLÍN.

Tabla 16  
valores obtenidos para hollín

HOLLIN ST				
Km	A1	B1	C1	C*
0	0	0	0	0
1000	3	1	2	1
2000	5	3	3	1
3000	7	5	3	2
4000	7	5	7	3
5000	8	7	7	3

Fuente: Elaboración propia

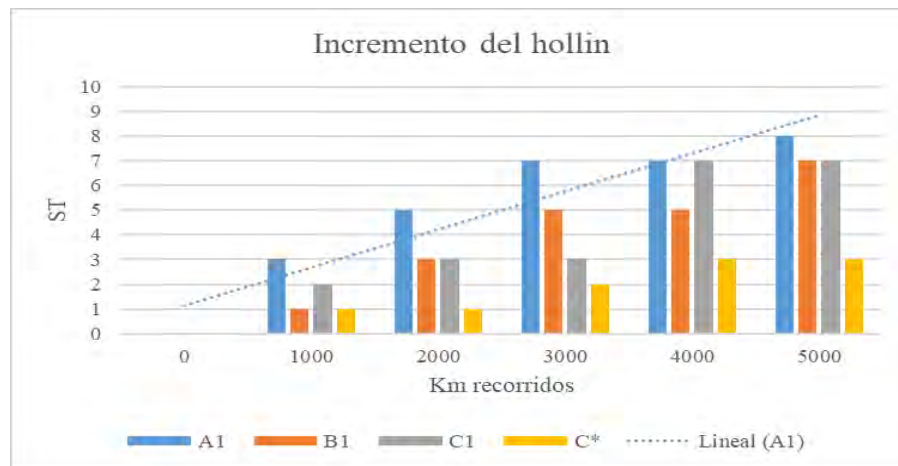


Figura 57

Incremento del hollín

Fuente: Fig. 56

Fuente: propia

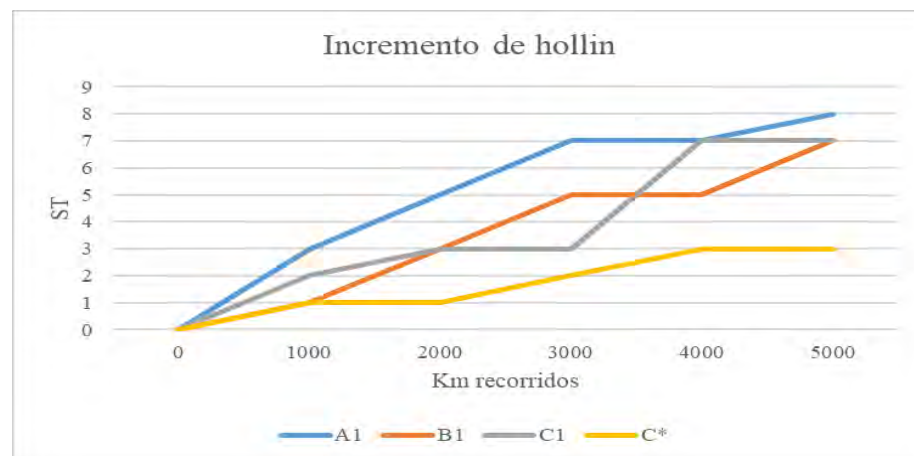


Figura 58

Tendencia del hollín



Como se explicó anteriormente en los Cap. III. El hollín o Carbono pulverulento, se ubica principalmente en la cabeza de pistón y parte de las paredes de la cámara de combustión.

En el cuadro se observa incremento en cantidad del hollín y una cohesión de partículas de tamaño pequeño, pero no existe acumulación en partículas sobre todo en el sistema de escape, tendrán poco efecto sobre el motor, pero evidencia un efecto en el motor.

En nuestro grafico según los límites condensorios que nos sugiere el fabricante podemos considerar límites aceptables los comprendidos entre los 2 y 6 ppm de hollín para confirmar una presencia no relevante de hollín.

Estos resultados nos indican que al llegar a los 4000 km recorridos con los motores lubricados con aceite mineral ya superan las 6 ppm, así advirtiendo un exceso de hollín, por lo que podremos afirmar que los agentes dispersantes del aceite mineral no son los adecuados para este tipo de lubricación. Caso contrario pasa con el semisintético que apenas llega a las 3 ppm al llegar al recorrido de 5000 km, pudiendo alargar aún más la vida de este lubricante.

#### ACEITE MINERAL PROMEDIO (A1, B1; C1). VS SINTETICO (HOLLIN)

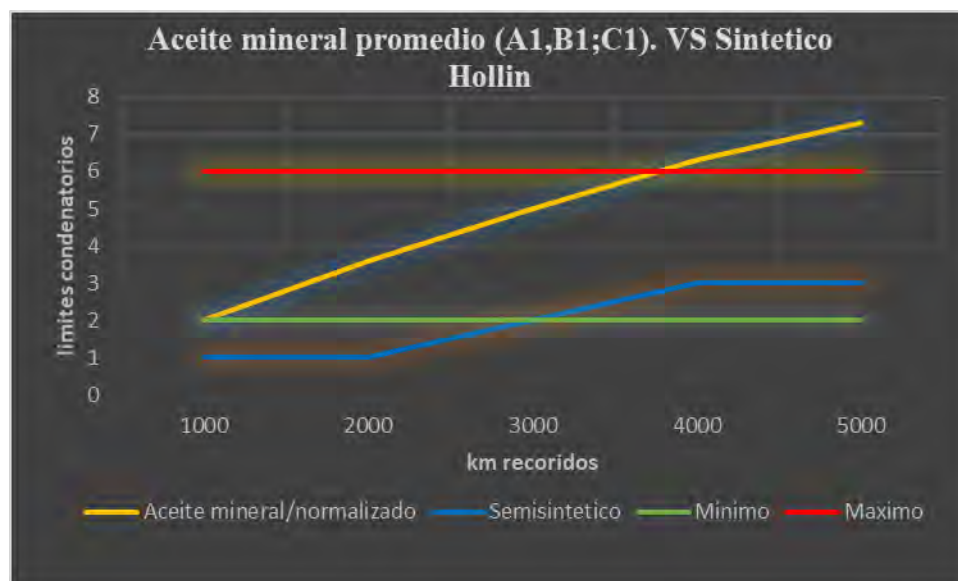


Figura 59  
Aceite mineral promedio (A1,B1,C1) vs sintético

Fuente: Tabla 5.7

## 4.11.2 VALORES OBTENIDOS DE OXIDACIÓN

Tabla 17  
Valores obtenidos de Oxidación

OXI (ISO 4406:99)				
Km	A1	B1	C1	C*
0	0	0	0	0
1000	3	1	1	0
2000	8	4	4	2
3000	10	5	4	3
4000	10	8	5	3
<b>5000</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>5</b>

Fuente: Fig. 56

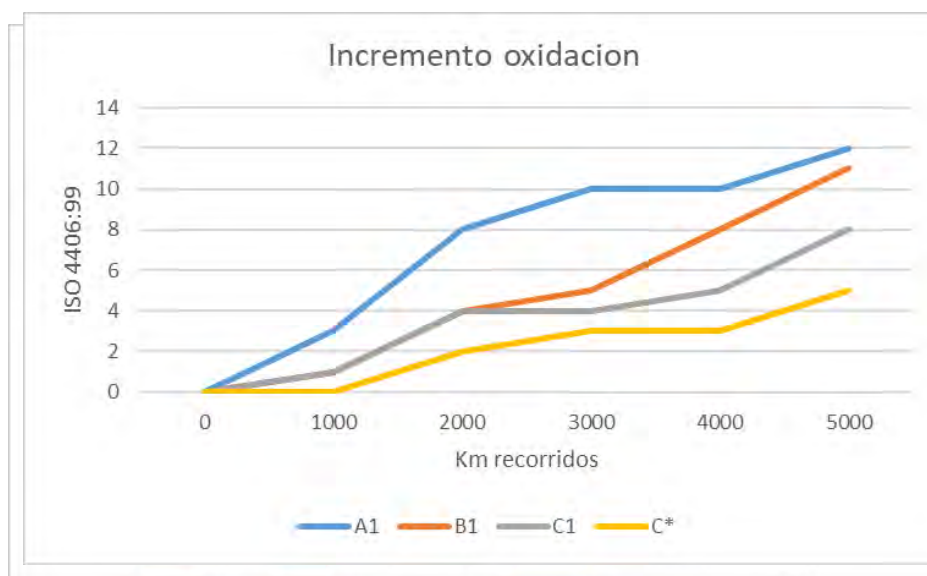


Tabla 18  
Incremento de oxidación

Fuente: Fig. 56

En la gráfica se observa que existe un aumento de la oxidación en los cuatro motores analizados y conforme avanza el número de horas; esto quiere decir que las consecuencias que pueden generar la degradación, es la contaminación debido a la formación de lacas y barnices; el debilitamiento de los aditivos; y el aumento progresivo del desgaste; convirtiéndose en una amenaza para las componentes, ya que reduce la capacidad y la vida útil de estas, debido a que el aceite lubricante pierde sus propiedades físicas-química.

Aun así, no llegan a un punto de 20% como límite crítico, esto es que mantienen sus propiedades anti oxidantes.

## ACEITE MINERAL PROMEDIO (A1, B1, C1). VS SINTETICO (OXI (ISO4406:99))

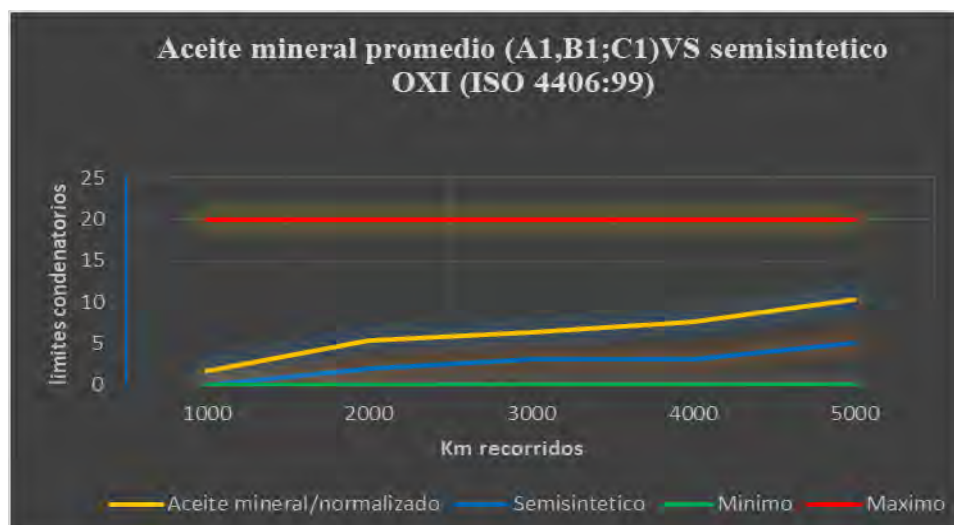
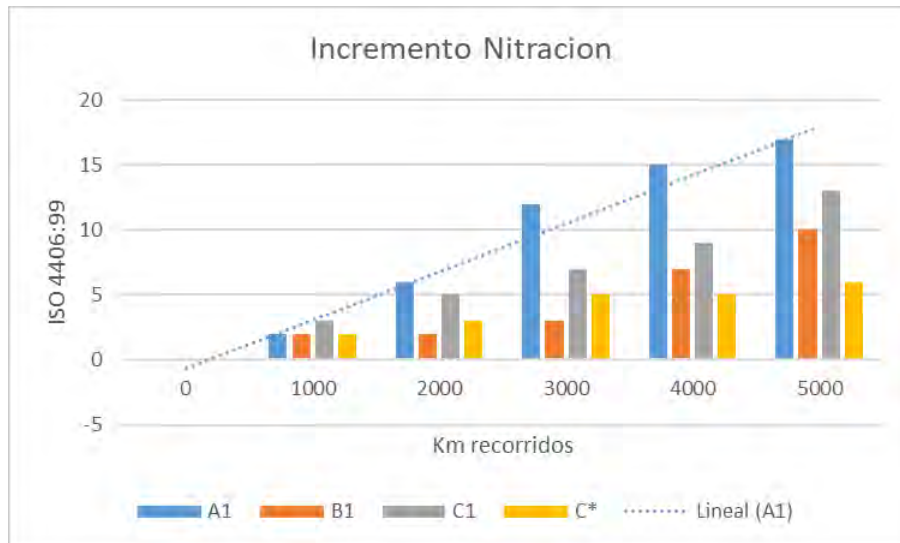


Figura 60  
Aceite mineral promedio (A1,B1.C1) Vs semisintético  
Fuente: fig. 56

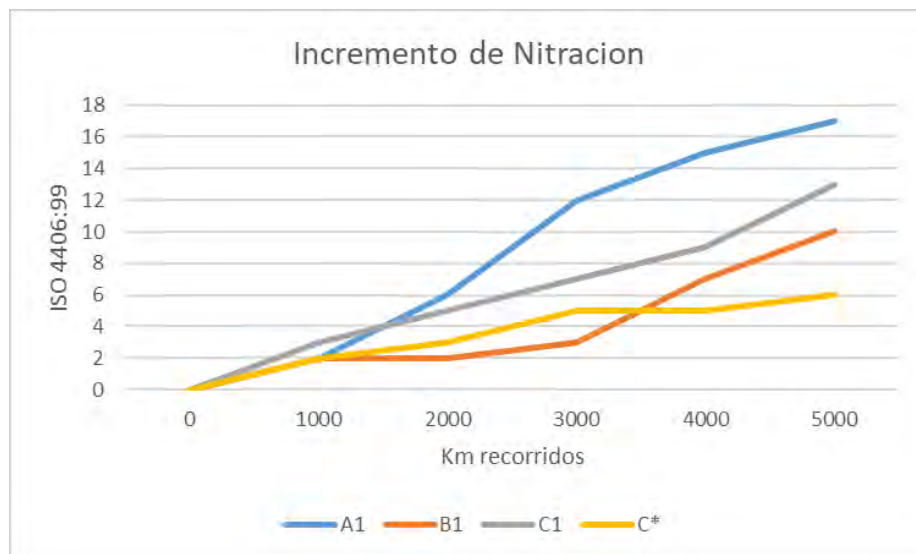
### 4.11.3 VALORES OBTENIDOS DE NITRACIÓN

NIT (ISO 4406:99)				
Km	A1	B1	C1	C*
0	0	0	0	0
1000	2	2	3	2
2000	6	2	5	3
3000	12	3	7	5
4000	15	7	9	5
5000	17	10	13	6

Figura 61  
Valores obtenidos de nitración  
Fuente: fig. 56



*Figura 62*  
*Incremento a la nitración*  
*Fuente: fig. 56*



*Figura 63*  
*Tendencia a la nitración*  
*Fuente: fig., 56*

La nitración como los demás agentes que degradan el lubricante, es una condición indeseable que indica que el lubricante se está saturando con compuestos de óxido de nitrógeno solubles y / o insolubles.

La reacción del nitrógeno con el aceite de base forma dos tipos de nitrógeno: nitratos orgánicos, que son el resultado de una reacción en las paredes del cilindro, y compuestos nitro, que son causados por un proceso de soplado por la que el gas reacciona con el aceite en el sumidero.

En este caso se observa en la primera muestra A1 a los 5000 km con un resultado elevado comparado con las tres muestras siguientes B1, C1 y C\* en las cuales existen diferencias de más o menos 4% de presencia de nitración , pero una baja presencia de nitración en C\* que solo alcanza a los 6% al llegar a los 5000 km. Podemos también indicar que el incremento progresivo de la nitración trae como consecuencia el agotamiento de la reserva alcalina (TBN) y la degradación por pérdidas de sus propiedades físicas- químicas del lubricante, lo que resulta en un desgaste prematuro acortando la vida útil del motor.

#### ACEITE MINERAL PROMEDIO (A1;B1;C1). VS SINTETICO (NIT (ISO4406:99))

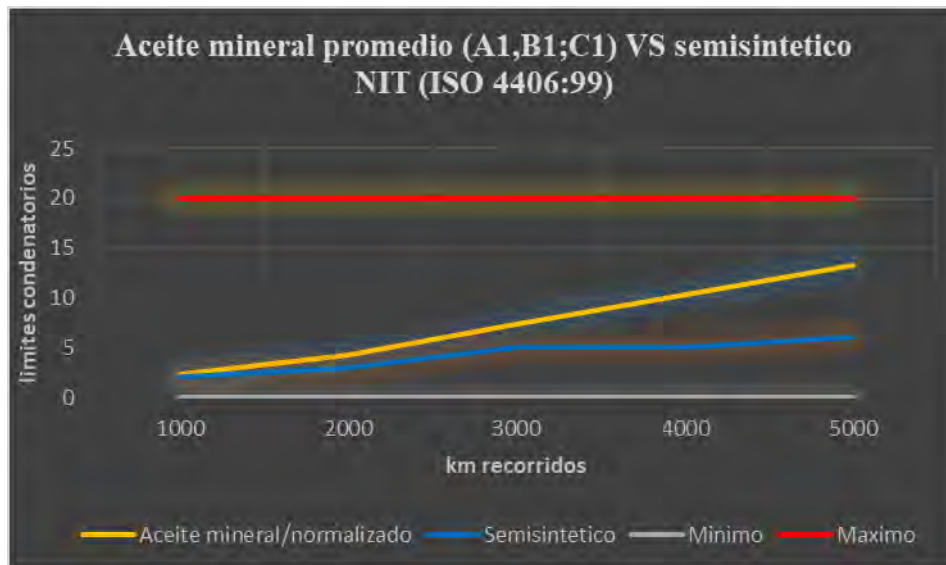


Figura 64  
Aceite mineral promedio (A1,B1;C1) semisintético NIT

Fuente: Tabla 4.9

#### 4.11.4 VALORES OBTENIDOS DE SULFATACIÓN

Tabla 19  
Valores obtenidos de sulfatación

SUL (ISO 4406:99)				
Km	A1	B1	C1	C*
0	0.78	0.78	0.78	0
1000	9	3	6	2
2000	15	9	6	4
3000	20	15	13	8
4000	24	16	15	10
5000	28	29	25	11

Fuente: fig. 56

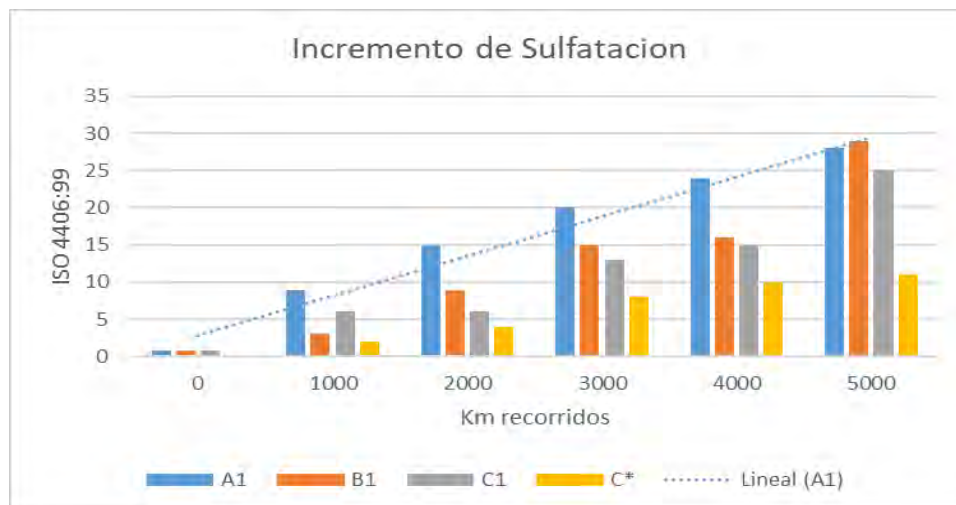


Figura 65  
Incremento de sulfatación

Fuente: fig., 56

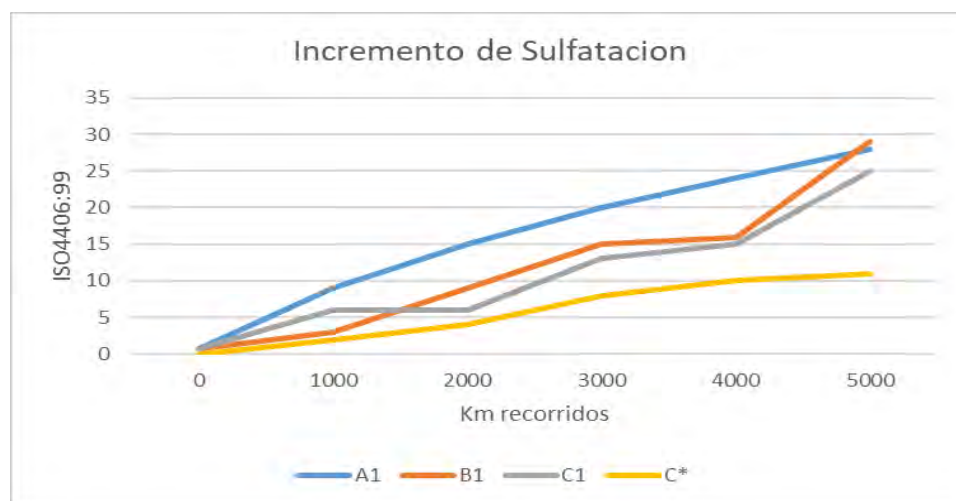


Figura 66  
Tendencia de sulfatación  
Fuente: fig. 56

La Sulfatación como agente de degradación del lubricante es un deterioro químico (irreversible). Es causado por el aceite base que se combina con oxígeno, azufre y nitrógeno para formar compuestos nocivos. También podrá ser causado por el agotamiento de aditivo debido a reacciones con los contaminantes como el calor, partículas de metal en el aire, hollín, combustible que ingresa y glicol.

Los compuestos de azufre se encuentran generalmente en muchos aceites crudos. La Sulfatación También resulta de la oxidación del azufre presente en el aceite de base. El azufre en el combustible diésel se combina con oxígeno durante el proceso de combustión para formar óxidos de azufre, tales como azufre dióxido de carbono, que se escapan en el sistema de lubricación de pistón alrededor anillos. Estos compuestos tienden a acumularse con el tiempo y la forma ácidos altamente corrosivos.

En el grafico podemos observar un incremento acelerado en las muestras A1, B1 y C1, que incluso sobrepasan al límite condenatorio crítico que es los 20%, llegando inclusive en la muestra B1 hasta los 29% que son agentes nocivos que deterioraran rápidamente el lubricante, en la muestra C\* solo llega al 11% a los 5000 km.

#### ACEITE MINERAL PROMEDIO (A1, B1; C1). VS SINTETICO (SUL (ISO4406:99))

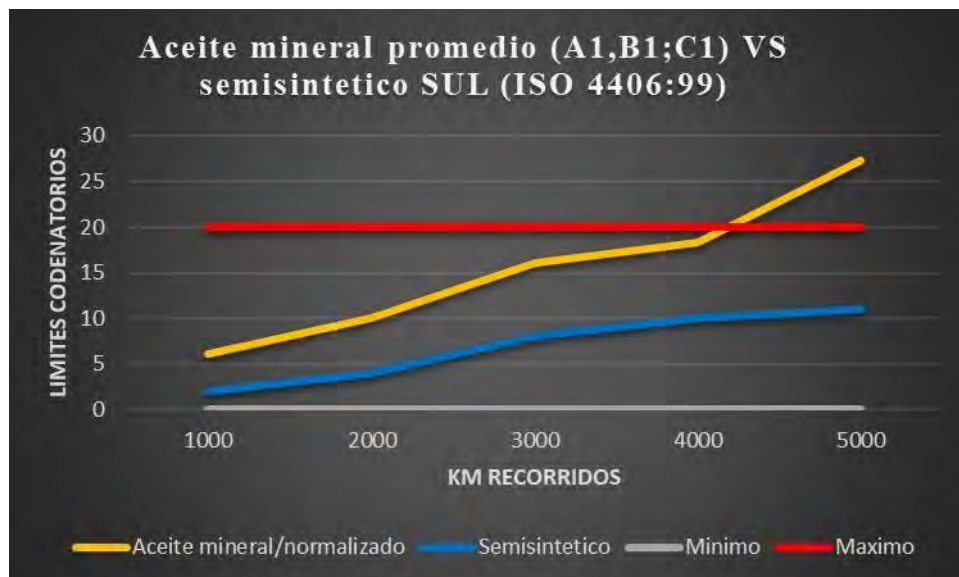


Figura 67  
Aceite mineral promedio (A1, B1, C1) Vs semisintético  
Fuente: fig., 56

#### 4.11.5 VALORES OBTENIDOS DE VISCOSIDAD

Tabla 20  
Valores obtenidos de viscosidad

Km	A1	B1	C1	C*
0	14.1	14.1	14.1	14.3
1000	13.5	13.6	13.9	14.2
2000	13.1	12.9	13.6	14
3000	12.9	11.9	12.8	13.8
4000	11.5	11.3	11.9	13.7
5000	10.8	10	11.1	13.5

Fuente: fig. 56

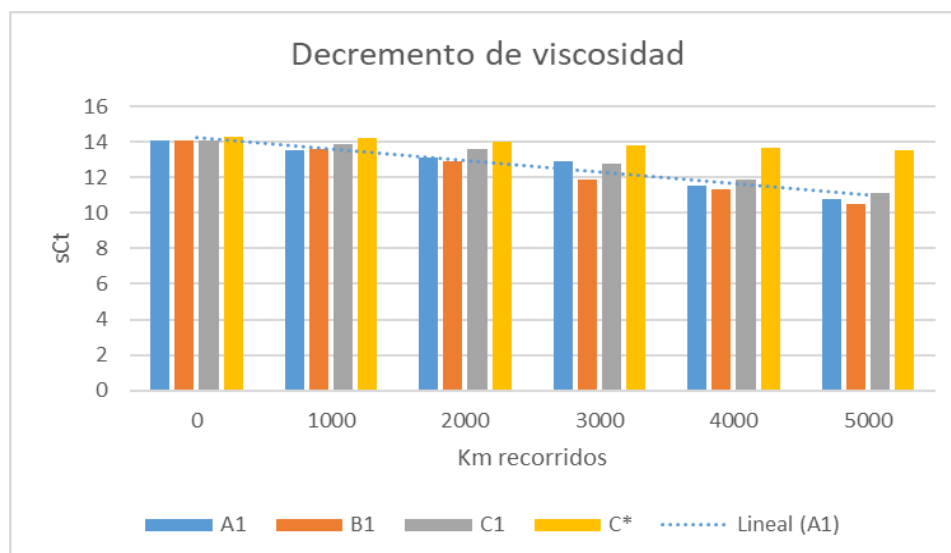


Figura 68  
decremento de viscosidad

Fuente, fig. 56



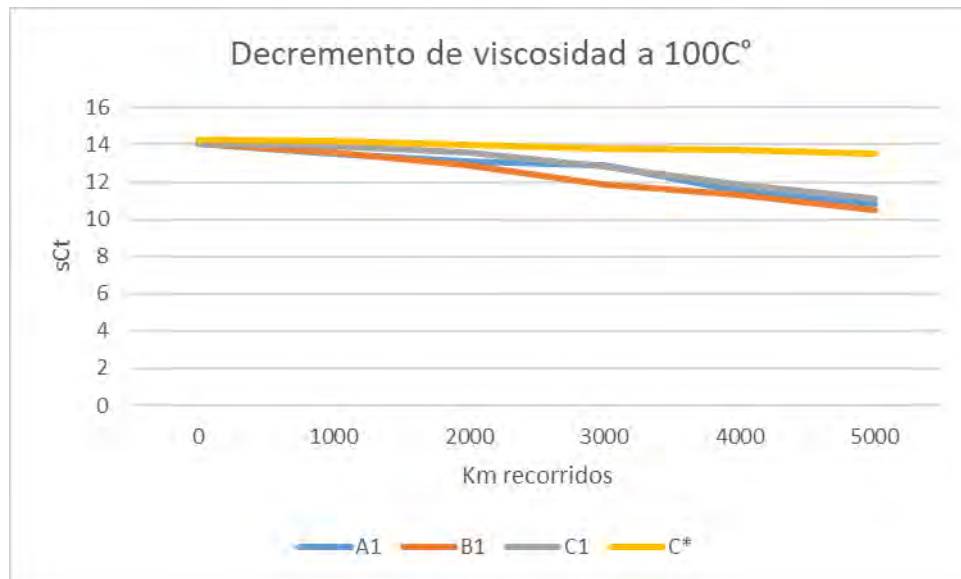


Figura 69  
Decremento de viscosidad al 100C°

fuelle: fig. 56

La viscosidad evaluada en laboratorio nos entrega en cSt a 100 °C. Norma ASTM D445. Una de las principales propiedades que pierde el lubricante es la viscosidad, como también es la más importante propiedad a evaluar. Las tres primeras muestras presentan una disminución progresiva de la viscosidad en la medida en que va aumentando el número de horas de operación del motor al llegar de 10.5. a 11 sCt, por debajo del límite del parámetro inferior Este resultado puede ser debido a la dilución con aceite menos viscoso, contaminación por combustible, rotura de polímeros por cizallamiento, cizallamiento o rotura del aceite base. Esto trae como consecuencia una disminución de la protección de las superficies metálicas y por consiguiente un incremento del desgaste de las superficies. Mientras que la muestra C\* apenas baja a 13.8 sCt de la viscosidad inicial de 14,3. El límite superior de control corresponde a 17,7 sCt y el límite inferior de control 11,8 sCt. El resultado de las tres primeras muestras indica un valor por debajo del mínimo y fuera de parámetro, esto conlleva a tomar acción inmediata para poder corregir el comportamiento del aceite.

## ACEITE MINERAL PROMEDIO (A1,B1;C1). VS SINTETICO (Viscosidad cSt a 100 C°)

### 4.11.6 VALORES OBTENIDOS DE PQI (Particle Quantification Index)

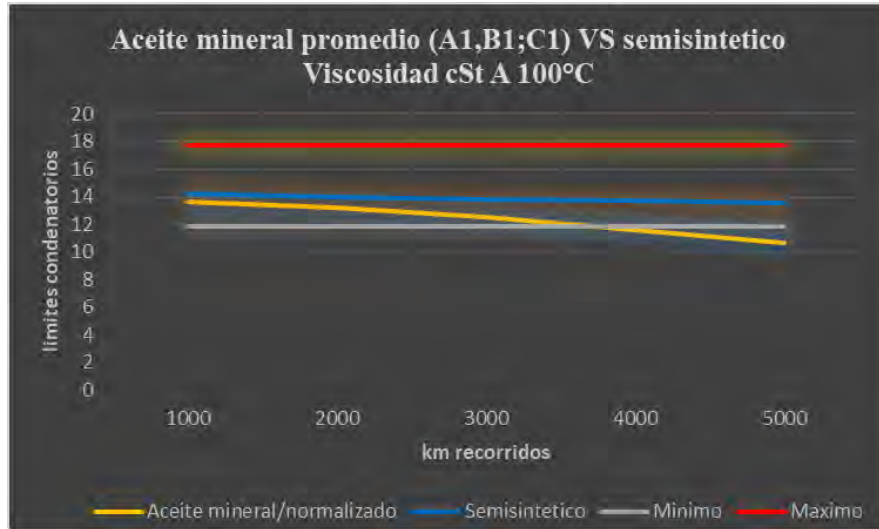


Figura 70  
Aceite mineral promedio (A1, B1, C1) Vs viscosidad cSt A 100°C  
Fuente: fig. 56

Tabla 21  
Valores obtenidos PQI

Km	A1	B1	C1	C*
0	0	0	0	0
1000	18	14	15	12
2000	25	20	19	15
3000	37	29	25	18
4000	42	32	29	23
5000	53	37	39	30

Fuente: Tabla 4.6

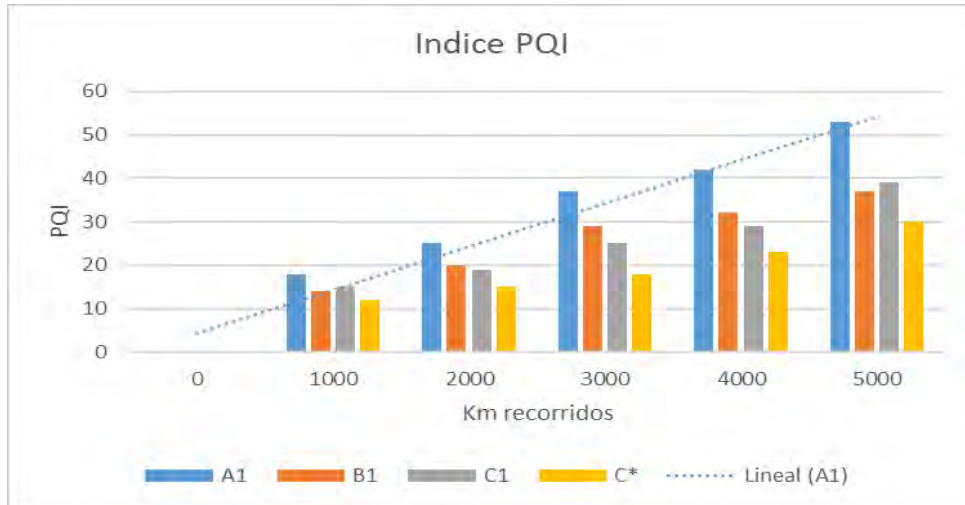


Figura 71  
Tendencia PQI  
Fuente: fig. 56

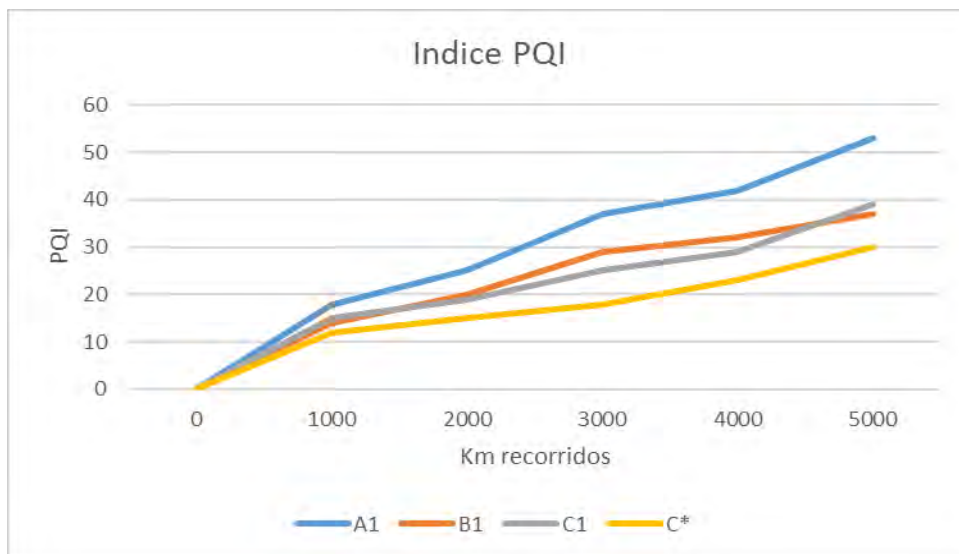


Figura 72  
Tendencia PQI

Fuente: Fuente: fig. 56

El PQ es un equipo automático de laboratorio que sirve para determinar cuantitativamente partículas ferromagnéticas en muestras de aceites usados. Estas partículas ferrosas pueden provenir del acero, hierro o alguna aleación ferrosa. Norma ASTM D8184.

El valor del PQI es una forma de determinar de manera cuantitativa las partículas de desgastes ferrosas, provenientes del Acero, Hierro o algún tipo de aleación. ((Ferreyros, 2013)

El PQI es realmente es una medida de la cantidad de hierro está presente (densidad ferrosa) en la muestra, las cantidades de otros elementos magnéticos siendo insignificante.

El PQI no menciona el tamaño - cuanto mayor sea el número, más hierro. Lo que el PQI está comunicando podría interpretarse como un concepto de masa por capacidad o, en términos métricos, algo así como el hierro gramos por litro de aceite.

Una forma más fácil de entender es, que hace relación a la cantidad de gramos de Hierro en 1 litro de aceite. ((Ferreyros, 2013)

Este tipo de análisis se realiza en función de partículas ferrosas mayores a  $5\mu$ , dado que otras prueban solo detectan partículas de  $5\mu$  o menores, como el ICP en donde se miden en (ppm). Los dos valores tanto el ICP como el PQI se interpretan juntos porque el índice de

PQ transmite información del tamaño de la distribución de las partículas de hierro en su estado puro. Se concluye en importantes sobre el estado de la instalación se pueden extraer de la combinación de ambos resultados. ((Ferreyros, 2013)

En este caso se observa que en la primera muestra A1 existe un incremento del índice a través del tiempo que llega al máximo nivel de 53, mientras que la muestra C\* llega a 30 a los 5000 km de recorrido ((Ferreyros, 2013)

Tabla 22  
Relación entre ICP y PQI

ICP (ppm)	PQI	Interferencias	Tendencia del desgaste
Bajo	Bajo	Pocas partículas de desgaste	Tendencia de desgaste normal
Alto	Bajo-Medio	Muchas partículas pequeñas, pocas o ningunas grandes	Desgaste acelerado. Entrada de suciedad (anormal)
Bajo	Alto	Pocas partículas pequeñas y muchas grandes	Fatiga
Alto	Alto	Muchas partículas de todos los tamaños	Desgaste muy serio, posible fallo catastrófico

Fuente: hidroneumática aplicada Publicadas por Cristian Álvarez

**ACEITE MINERAL PROMEDIO (A1, B1, C1). VS SINTETICO (análisis PQI)**

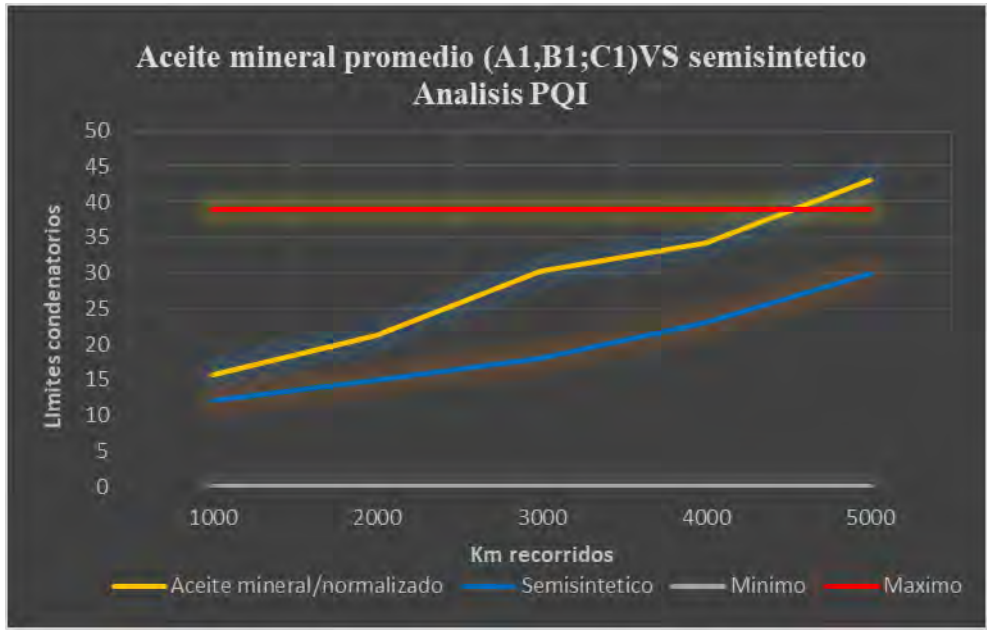


Figura 73  
 Aceite mineral promedio (A1, B1, C1) sintético análisis PQI  
 Fuente: fig. 56

**EJEMPLOS DE DESGASTE NORMAL, FATIGA, Y ACELERADO**

**DESGASTE NORMAL**

Desgaste "normal". Los dos valores se aproximan. Esto recomienda que progresan constantemente los procesos de desgaste, que dependen en todo momento de funcionamiento. ((Ferreyros, 2013)

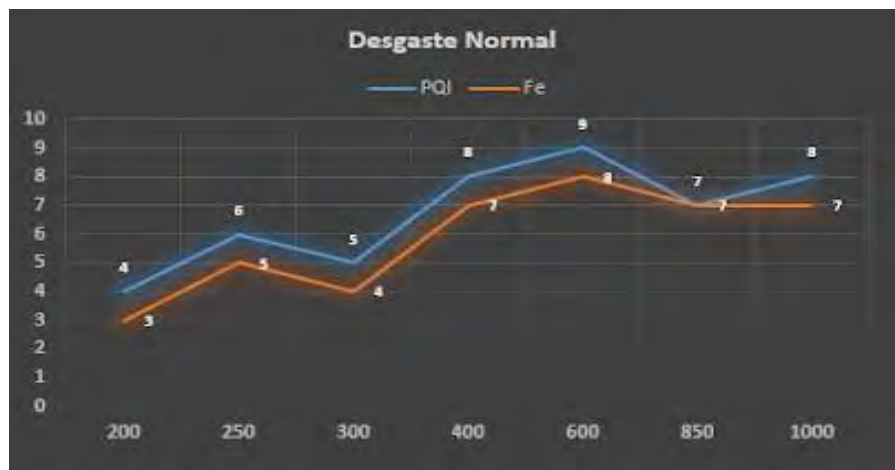


Figura 74  
 Desgaste normal niveles bajos de PQI y Fe  
 Fuente: hidroneumática aplicada Publicadas por Cristian Álvarez

## DESGASTE POR FATIGA

Desgaste "aguda". Partículas de hierro pueden tener diferentes causas, por ejemplo, picaduras, erosión o astillado en forma de partículas más grandes. El daño se puede prevenir mediante la adopción de medidas correctivas en tiempo hábil, en particular, cuando se indican los procesos de desgaste anormal ((Ferreyros, 2013)

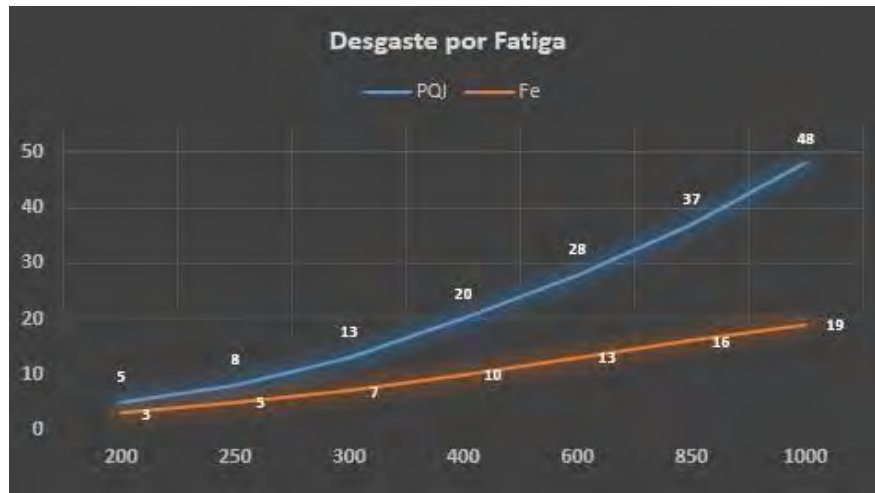


Figura 75  
Desgaste por fatiga con incremento de PQI pero estable en Fe  
Fuente: hidroneumática aplicada Publicadas por Cristian Álvarez

## DESGASTE ACELERADO

Desgaste "corrosivo". Las partículas de hierro, por ejemplo, oxidación y corrosión partículas introducidas en el aceite a través del agua, no son magnetizable. Estos son a menudo tan pequeñas que no sedimentan fácilmente en aceite de engranajes altamente viscoso. A un valor alto contenido de hierro, no va acompañada de un alto índice de PQ, fuerte desgaste corrosivo puede concluir en casi todos los casos. ((Ferreyros, 2013)

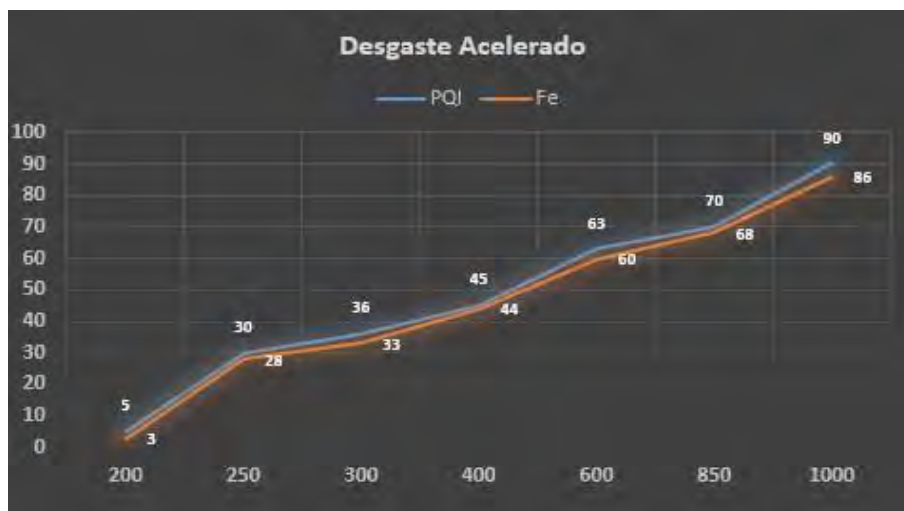


Figura 76  
desgaste acelerado con incremento de PQI y Fe  
Fuente: hidroneumática aplicada Publicadas por Cristian Álvarez

## 4.12 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS MINERALES.

El aceite lubricante empieza a degradarse al ser utilizado por primera vez; al abrir el envase permite de inmediato el ingreso de aire; siendo esta el principal motivo de la oxidación del aceite, y esto podremos verificar en la tonalidad del color, marrón oscuro o negro que toma el aceite en el transcurso del tiempo; la oxidación afecta la apariencia, más no el comportamiento del aceite. Al momento de realizar un cambio de aceite este se puede mezclar con aceite residual, esta mezcla no causa ningún daño químico.

### 4.12.1 ANALISIS DE ELEMENTOS ADITIVOS DEL LUBRICANTE: CALCIO (Ca), FOSFORO (P), ZING (Zn), MAGNESIO (Mg)

Ya calculado el valor inicial de cada elemento, para poder determinar su degradación.

Un buen aceite (API CI-4) para motores a diésel tendrá cerca de 3300 ppm de

detergente/dispersante si está formulado con aceite básico API grupo I. El aceite SN es formulado con una mezcla de aceites que incluye sintéticos y contiene cerca de 2000 ppm de detergentes (calcio y/o calcio con sulfonato de sodio) En el recorrido de los kilómetros estos aditivos se consumen. Es normal que en el curso de 6,000 kilómetros estos aditivos bajan un 5% a 10%. Cuando bajan más de 15%, deberíamos buscar la causa o acortar el intervalo entre cambios para esa marca de aceite. Hay aceites que pierden más de 30% de su detergente/dispersante en 5,000 kilómetros en el mismo uso o motor que otros donde sus aceites solamente pierden 8.5% con el mismo recorrido y combustible. La quema o evaporación de fósforo envenena el catalizador de gases de escape. ((Ferreyros, 2013) (SRL, 2009)

(2018 Widman International SRL)

A continuación, desglosamos muestra Tabla general 5.6 en los elementos aditivos del lubricante, Ca; P; Zn y Mg. Para su análisis correspondiente.

## Muestreo de aditivo Calcio (Ca)ASTM D445

Tabla 23  
Valores obtenidos de Calcio

CALCIO(Ca)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*
0km	2000	2000	2000	3500
1000 km	1855	1845	1966	3455
2000km	1542	1656	1855	3200
3000km	1422	1588	1808	3085
4000 km	1309	1455	1755	2833
5000km	1251	1305	1489	2509

Fuente: fig. 56

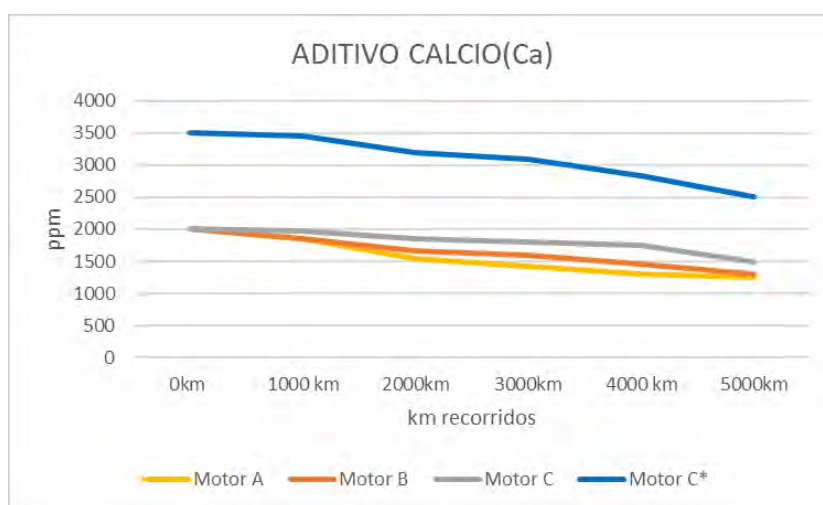


Figura 77  
Tendencia de calcio

Tabla 24  
Muestreo aditivo fosforo

Muestreo de aditivo fosforo (P) ASTM D445				
FOSFORO(P)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*
0km	1300	1300	1300	1600
1000 km	1288	1277	1285	1544
2000km	1269	1256	1266	1527
3000km	1235	1218	1236	1501
4000 km	1185	1196	1203	1466
5000km	1117	1155	1178	1423

Fuente: Fig. 56.



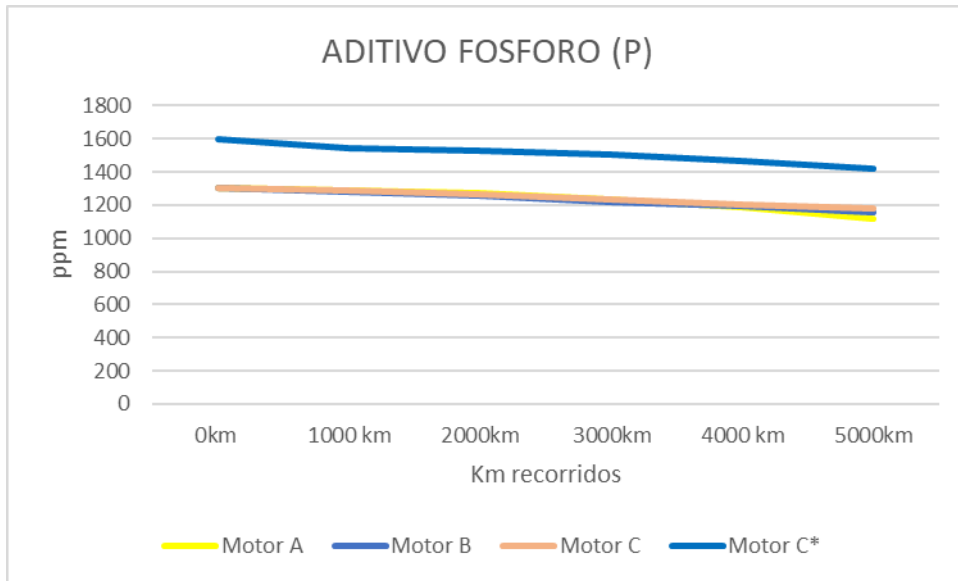


Figura 78  
tendencia de fosforo

Fuente: Fig. 56.

Tabla 25  
Muestreo aditivo zinc

Muestreo de aditivo zinc (Zn) ASTM D445				
ZINC(Zn)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*
0km	1400	1400	1400	1900
1000 km	1395	1365	1368	1844
2000km	1355	1295	1315	1811
3000km	1301	1256	1243	1769
4000 km	1245	1215	1204	1703
5000km	1229	1208	1196	1685

Fuente: Fig. 56

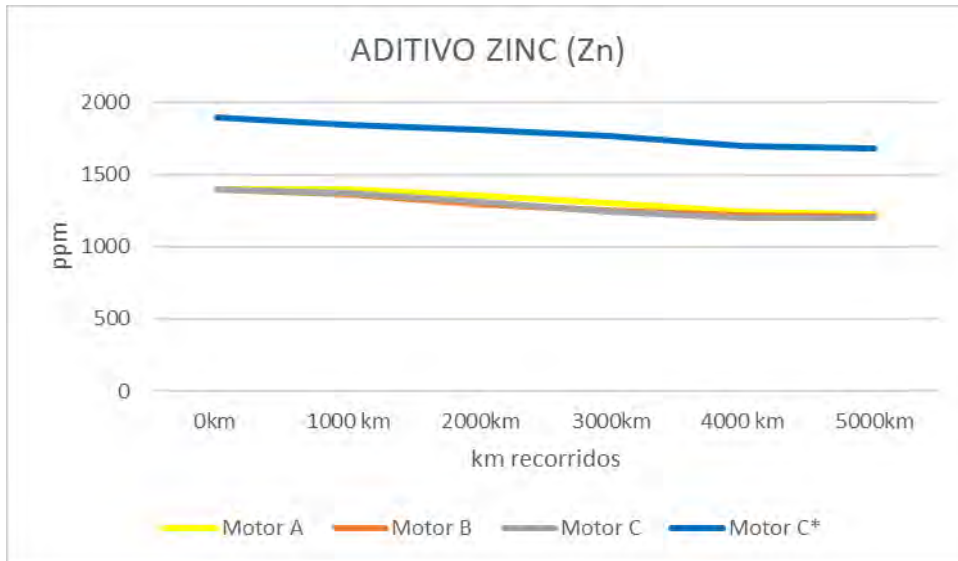


Figura 79  
Tendencia del zinc

Fuente: Fig. 56

Tabla 26  
Muestreo aditivo Magnesio

Muestreo de aditivo Magnesio (Mg) ASTM D445				
Magnesio (Zn)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*
0km	1100	1100	1100	1600
1000 km	1033	1039	1055	1577
2000km	965	958	984	1685
3000km	936	906	954	1635
4000 km	898	864	915	1562
5000km	868	848	884	1411

Fuente: fig. 56

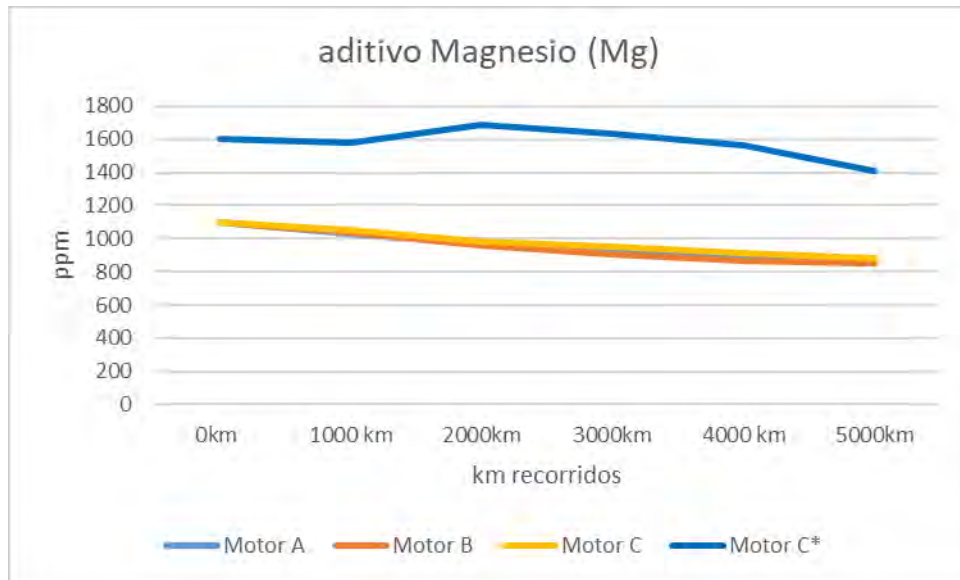


Figura 80  
Tendencia del magnesio  
Fuente: Fig. 56

En nuestras graficas observamos que los niveles de Ca, P, Zn, Mg con el aceite mineral inician con 2000 ppm, 1300 y 1400 respectivamente y con 3500 ppm con el semisintético, de agentes aditivos en el lubricante, esto quiere decir que el lubricante nuevo contiene esos valores en sus propiedades. Para luego decrecer a 1251, 1305 y 1489 respectivamente en los motores con aceite sintético, al llegar a su fin de ciclo y cambio de aceite a los 5000 km. Observamos que las 3 curvas son muy parecidas esto nos dará a entender que los estudios de estos tres motores son muy estándares ó sea la muestra final dará un mismo resultado así pudiendo afirmar que los tres motores funcionan en estados estándares de mantenimiento y operación, esta resultados se mantendrán casi estándar en los 3 motores que llevaron el aceite mineral 15w40 (Mobil Delvac MX ESP (MINERAL)), mientras que el que llevo el aceite 15w40 Mobil Delvac Extreme (SEMI SINTETICO) empieza con una formulación de 3500 ppm 1600, 1900 y 1600 de agentes aditivos en Ca, P, Zn, Mg respectivamente y concluyen su fin de ciclo a los 5000 km con 2509 ppm, 1423, 1685 y 1411 ppm. Ahora podemos afirmar que este último aceite semisintético aparte de tener mayor cantidad de agentes aditivos en todos los agentes, termina su ciclo también con mejores números, esto mejorara la calidad del aceite ya que estos al ser agentes dispersantes combaten el hollín y neutraliza los ácidos formados por la humedad y combustión que se producen dentro del motor.

Además, también se observa que según límites permisibles de utilización de agentes aditivos, podríamos admitir descensos de hasta un 10% en todos los agentes, pero este resultado supera ampliamente la teoría así estos agentes descienden entre 37% a 25% en Ca, 14% a 9% en el P, 12% a 15% en el Zn y entre 21% a 19% en el Mg, lo que nos haría ver pérdida muy acelerada de agentes dispersantes al término de su ciclo de

5000 km de uso del aceite. Pero en un análisis de 4000, 3000 o incluso 2000 Km su % de pérdida de aditivo es alto, superior del 10% como sugiere el fabricante, caso similar con el aceite semisintético con rangos de 3500 ppm, 1600, 1900 y 1600 para el Ca, P, Zn, Mg respectivamente, disminuyendo a 2509 ppm, 1423, 1685 y 1411 respectivamente, estas pérdidas de agentes en porcentajes serán de 28.3%, 11.06%, 11.31% y 11.81% para Ca, P, Zn, Mg respectivamente, así acercándose mejor al 10% de pérdidas recomendado por el fabricante.

#### 4.12.1.1 ANALISIS DE MOLIBDENO (Mo)

Una parte de aceites para motores contienen disulfuro de molibdeno para bajar el desgaste a altas temperaturas y presiones. En estas formulaciones el molibdeno actúa con el ZDDP (Dialquil ditiofosfato de zinc) que es una sal organometálica, compuesta de zinc, azufre y fósforo. para proveer una máxima protección posible al motor.

La primera muestra de aceite con molibdeno llegara a tener 20% menos molibdeno que el valor inicial. Esto es el molibdeno que quedo adherido en las piezas del motor

(2018 Widman International SRL)

#### MUESTREO DE MOLIBDENO (MO) ASTM D445

Tabla 27  
Muestreo del molibdeno

Muestreo de molibdeno (Mo) ASTM D445				
Molibdeno (Mo)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*
0km	30	30	30	80
1000 km	35	30	33	88
2000km	40	35	39	90
3000km	41	38	40	90
4000 km	45	40	45	90
5000km	49	45	50	90

Fuente: Fig. 56

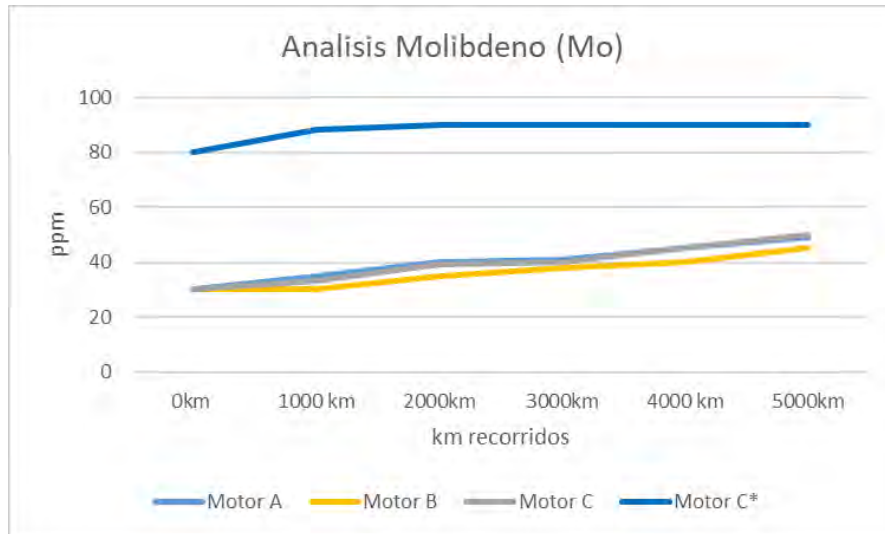


Figura 81  
Tendencia del molibdeno

Fuente: fig., 56

En nuestro grafico observamos el mayor contenido de molibdeno en el aceite semisintético y se mantiene casi con los mismos valores iniciales, mientras que en el mineral grafica casi la misma curva, pero en cantidades menores.

#### 4.12.1.2 ANALISIS DE BORO (B)

Tabla 28  
Muestreo del boro

Muestreo de boro (B) ASTM D445				
BORO (B)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*
0km	0	0	0	0
1000 km	0			0
2000km	0			0
3000km	0		1	0
4000 km	0	1	2	0
5000km	0	2	2	0

Fuente: fig. 56

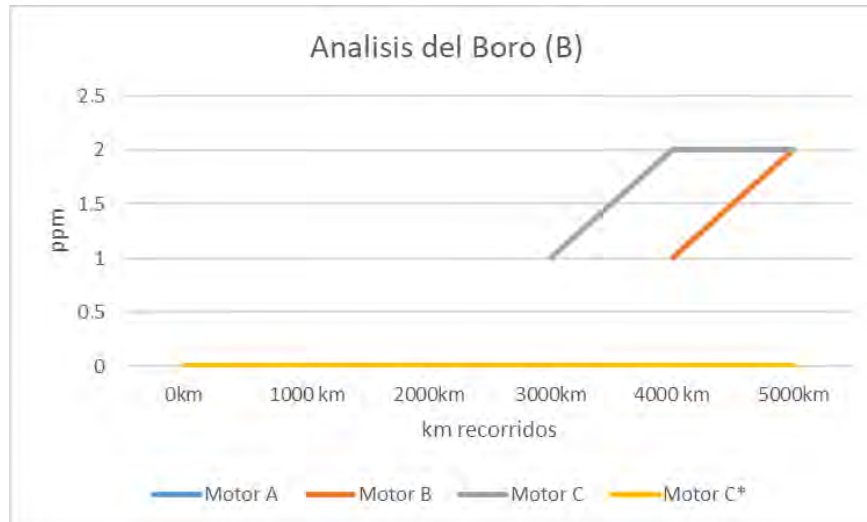


Figura 82  
Tendencia del boro

Fuente: fig. 56

En algunos lubricantes el Boro se utiliza como un aditivo que permite modificar la fricción, convirtiéndose en un aditivo anti desgaste, pero en este caso observamos de la gráfica que no contienen boro los aceites, puesto que se supone que se adhirieron a este de forma externa ya que El boro es un elemento natural que se encuentra en océanos, rocas sedimentarias, carbón etc. El boro es liberado al medioambiente desde los océanos, las actividades geotérmicas como los volcanes, y por la meteorización natural de rocas que contienen boro, así contrayendo este elemento del medio ambiente de la operación en donde operan los motores.

#### 4.12.1.3 ANALISIS DE ELEMENTOS DE DESGASTE METÁLICOS EN EL MOTOR Cu, Fe, Cr, Al, Pb, Sn, Si.

El aceite se contamina por partículas metálicas es producto propio del desgaste de elementos metálicos internos del motor, por tal motivo todos los análisis de aceite usado de motor, reportaran elementos de materiales de desgaste.

Así veremos a continuación:

#### 4.12.1.4 ANÁLISIS DE ELEMENTO Cu.

Tabla 29  
Muestreo del cobre

Muestreo de Cobre (Cu) ASTM D445						
COBRE (Cu)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*	Critico	Min
0km	0	0	0	0	13	7
1000 km	2	3	2	2	13	7
2000km	8	11	9	4	13	7
3000km	15	12	16	6	13	7
4000 km	18	22	18	6	13	7
5000km	25	22	21	7	13	7

Fuente: fig. 56

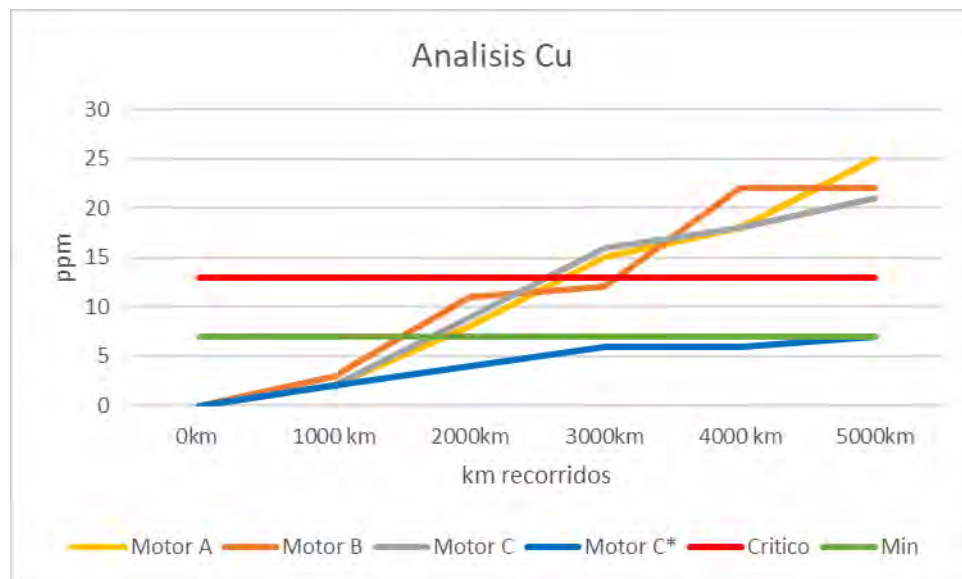


Figura 83  
Tendencia del cobre  
Fuente: fig. 56

Normalmente el cobre se encuentra asociado a bujes, cojinetes, enfriador de aceite, arandelas, guías de válvulas y bujes de biela, los cojinetes y bujes son frecuentemente aleaciones y superficies de bastos metales blandos que sirven para absorber impactos y desgaste en el lugar del cigüeñal y de las bielas, el desgaste de estos elementos viene de

desgaste y corrosión.

Del gráfico podemos observar que con los 3 motores que usaron el aceite mineral ya a partir de los 3000 km de recorrido, sobrepasan los límites críticos, es decir que a partir de ahí hasta los 5 mil el aceite recolectará gran cantidad de Cu, formando lodos en el interior del motor como también se producirá abrasión excesiva por lo que también ocurrirá mayor desgaste de otros elementos y piezas. Dentro del motor podemos suponer que la capacidad abrasiva de este aceite es muy elevada. Caso opuesto del motor con aceite semisintético que como podemos observar la capacidad aditiva es mejor, así pudiendo mantenerse con rangos adecuados por debajo de los críticos es más por debajo por los mínimos establecidos, sin lugar a duda la mejor aditivación de este aceite conlleva a un menor deterioro y abrasión de elementos internos del motor.

### 5.13.2.2 ANALISIS DE ELEMENTO HIERRO Fe.

Tabla 30  
Muestreo de hierro

Muestreo de Hierro (Fe) ASTM D445						
HIERRO (Fe)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*	Critico	Min
0km	0	0	0	0	39	15
1000 km	5	12	15	9	39	15
2000km	8	21	18	12	39	15
3000km	13	22	22	14	39	15
4000 km	22	28	39	20	39	15
5000km	31	45	49	21	39	15

Fuente: Fig. 56



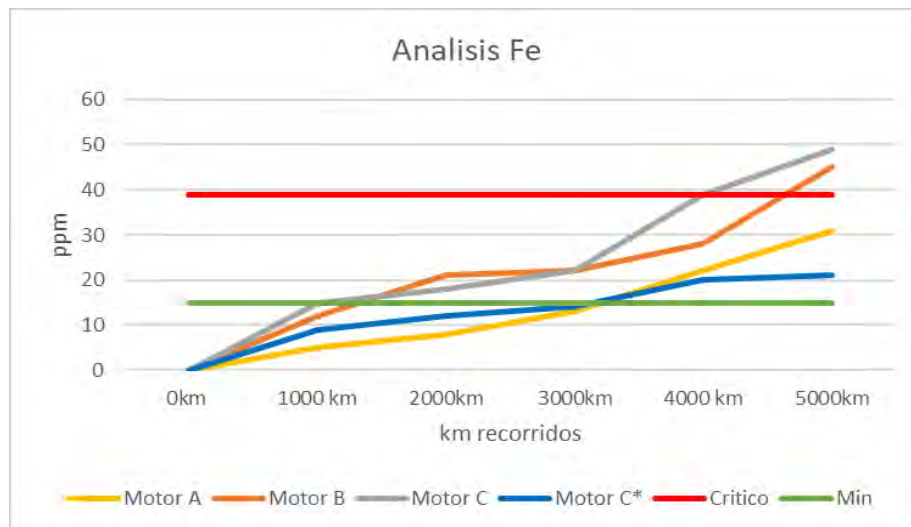


Figura 84  
Tendencia de hierro  
Fuente: Fig. 56

Se encontrará gran porcentaje de hierro ya que los elementos internos de este motor están formados principalmente de este elemento.

El hierro proviene de la fricción de las paredes de los cilindros con los anillos, como también son del cigüeñal, camisas, árbol de levas, válvulas, guías de válvula, cojinetes, bomba de aceite, engranajes de la cadencia, etc.

También proviene del aceite que está en contacto con tierra, bajos niveles de viscosidad por ende altos niveles de hollín entre otros, se producirá desgaste por contacto o por carencia de lubricación hidrodinámica

En el gráfico podremos observar que los tres motores con aceite mineral solo cumplen hasta llegar a los 4000 km de funcionamiento, ya pasado este recorrido superan los límites críticos pudiendo afirmar que el aceite no es capaz de mantener partículas de hierro dentro de los límites, al sobre pasar el número de ppm causaran mayor abrasión al mezclarse con el aceite. Caso contrario sucede con el semisintético que se mantiene con valores óptimos hasta los recorridos de 5000 km hasta podría incrementar su tiempo de servicio.

### 5.13.2.3 ANALISIS DE ELEMENTO CROMO Cr.

Tabla 31  
Muestreo de cromo

Muestreo de Cromo (Cr) ASTM D445						
CROMO (Cr)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*	Critico	Min
0km	0	0	0	0	11	3
1000 km	1	0	0	0	11	3
2000km	1	0	0	0	11	3
3000km	2	1	2	0	11	3
4000 km	2	1	2	0	11	3
5000km	2	2	2	1	11	3

Fuente: Tabla 4.6

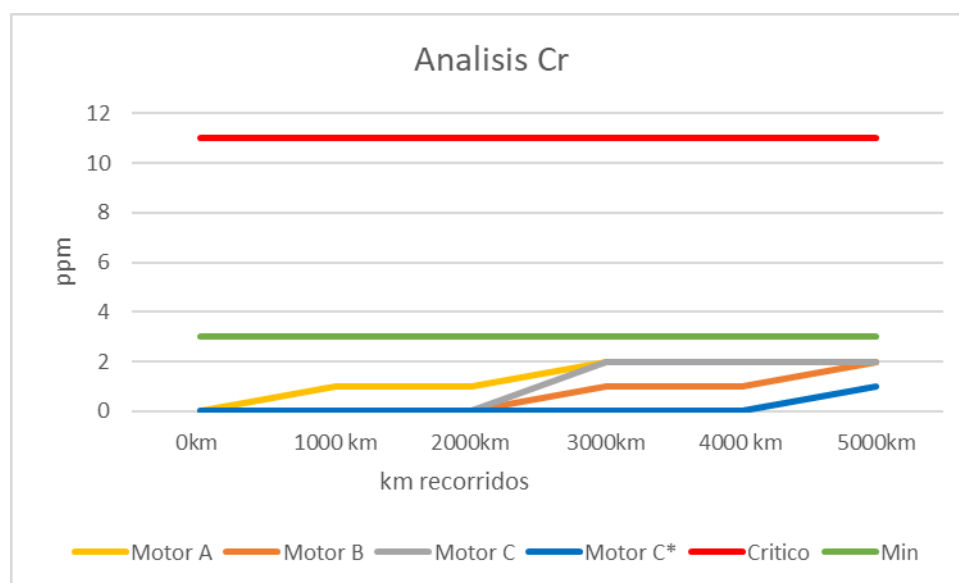


Figura 85  
Tendencia del cromo

Fuente: fig. 56

El desgaste del cromo viene normalmente por contaminación del aceite, el cromo conformado dentro de la camisa, válvula de escape, anillos y algunos cojinetes.

En el grafico podemos observar que predominantemente en el caso de los 4 motores y dostipos de aceite no superan ni los limites mínimos, así una mínima presencia de este elemento no afectara las propiedades del lubricante.

### 5.13.2.4. ANALISIS DE ELEMENTO ALUMINIO Al.

Tabla 32  
Muestreo del aluminio

Muestreo de ALUMINIO (Al) ASTM D445							
ALUMINIO (Al)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*	Critico	Min	
0km	0	0	0	0	11	2	
1000 km	6	6	4	3	11	2	
2000km	9	10	6	4	11	2	
3000km	9	11	11	5	11	2	
4000 km	10	12	14	5	11	2	
5000km	12	14	15	5	11	2	

Fuente: fig. 56

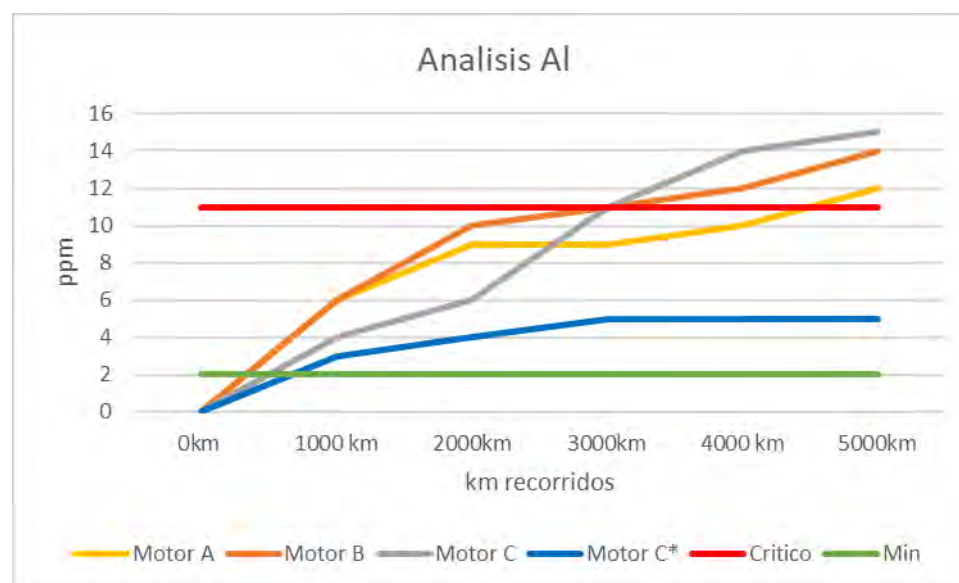


Tabla 33  
Tendencia del aluminio

Fuente fig. 56

Las partículas de desgaste de aluminio (después de eliminar lo que ingresa como tierra) viene de los cojinetes bujes, pistones, arandelas de empuje y el turbo.

Normalmente los cojinetes y bujes trabajan al 100% en lubricación hidrodinámica. Solamente cuando falta esta lubricación o se contamina el aceite ocurre entre las piezas y desgaste adhesivo.

En el grafico podemos observar excesiva presencia de aluminio en las 3 muestras A1, B1,C1 con aceite mineral ya que solo tendrán un óptimo funcionamiento hasta los 3000 km ya los 4000 km ya sobrepasarán el nivel crítico de 11 ppm, lo opuesto que el motor con la muestra C\* que no desgasta mayor aluminio por sus mejoras en propiedades y solo llega a los 5 ppm a los 5000 km de operación, así pudiendo este sobrepasar rangos de trabajo.

### 5.13.2.5 ANALISIS DE ELEMENTO PLOMO Pb.

Tabla 34  
Muestreo de plomo

Muestreo de Plomo (Pb) ASTM D445							
PLOMO (Cu)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*	Critico	Min	
0km	0	0	0	0	11	7	
1000 km	0	0	0	0	11	7	
2000km	0	0	0	0	11	7	
3000km	1	1	1	0	11	7	
4000 km	1	1	1	0	11	7	
5000km	2	1	1	1	11	7	

Fuente: fig. 56

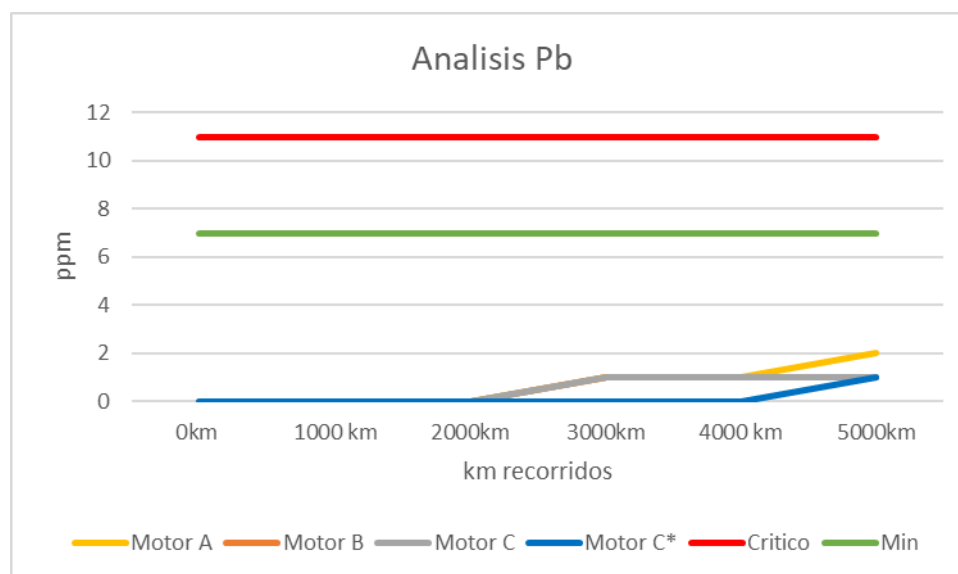


Figura 86  
Tendencia del plomo

Fuente: fig. 56

El plomo viene de los cojinetes, volandas de empuje bujes de bielas. La causa más común del plomo en el aceite es la corrosión de los cojinetes de los motores que son guardados con el aceite usado la contaminación de ácidos que se forman en el aceite causan corrosión cuando no están circulando para refrescar los aditivos en contactos con los cojinetes, cosa que no podría suceder en este caso ya que los equipos en minería están en constante circulación y no tienen periodos grandes sin funcionamiento por eso que al observar el grafico corroboraremos que la presencia de plomo en la muestra de aceite es mínima casi nula en todos los motores y lubricantes usados.

### 5.13.2.6 ANALISIS DE ELEMENTO SILICIO Si

Tabla 35  
Muestreo de silicio

Muestreo de Silicio (Si)ASTM D445						
SILICIO (Si)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*	Critico	Min
0km	0	0	0	0	26	11
1000 km	6	5	6	3	26	11
2000km	7	7	9	3	26	11
3000km	7	7	9	4	26	11
4000 km	9	8	9	5	26	11
5000km	9	8	9	6	26	11

Fuente: fig. 56

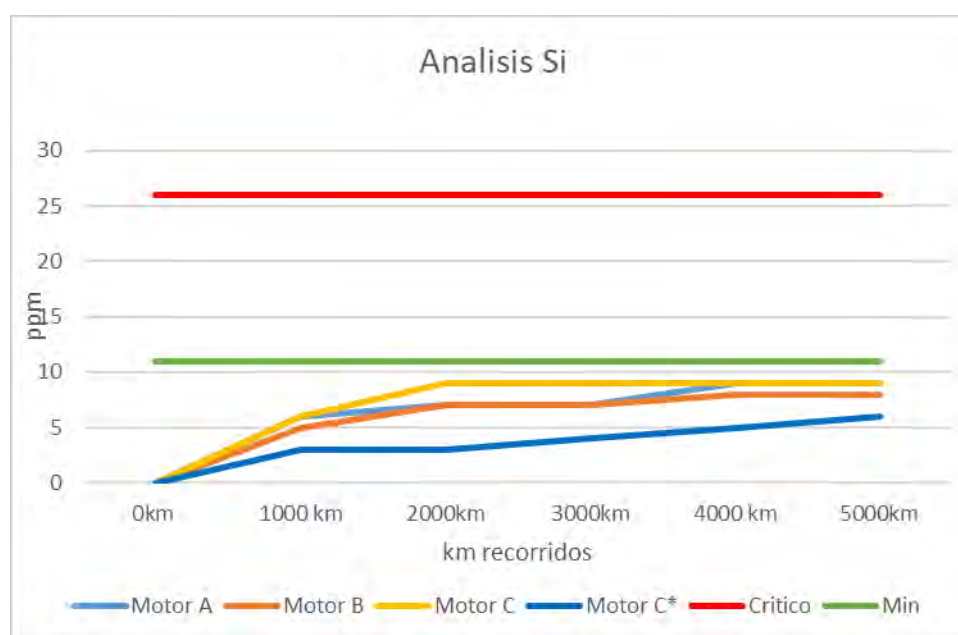


Figura 87  
Tendencia de silicio  
Fuente: fig. 56

El silicio se constituye en la tierra (POLVO) recordemos que la operación donde operan estas máquinas están enriquecidas de polvo de minerales como el silicio por ser una operación minera, el polvo penetra a través del filtro de aire del sistema de alimentación del aire, (caso nuestro que las máquinas son relativamente nuevas pasando apenas el año de operación y 20000 km, porque los computadores leerán como silicio a la sílica que sale de los retenes, selladoras y los aditivos del lubricante como antiespumante.

En este sentido al observar nuestro gráfico se observa que todas las muestras no sobrepasan los niveles mínimos establecidos, pudiendo establecer que no existe paso de silicio por el filtro de aire ni contaminantes de sílica que podrían hacer variar estos resultados.

### 5.13.2.7 ANALISIS DE ELEMENTO ESTAÑO Sn

Tabla 36  
Muestreo de estaño

Muestreo de Estaño (Sn) ASTM D445						
ESTAÑO (Sn)	Motor A	Motor B	Motor C	Motor C*	Critico	Min
0km	0	0	0	0	10	0
1000 km	1	1	0	0	10	0
2000km	1	1	0	0	10	0
3000km	1	2	0	0	10	0
4000 km	1	2	1	0	10	0
5000km	2	2	1	0	10	0

Fuente: fig. 56

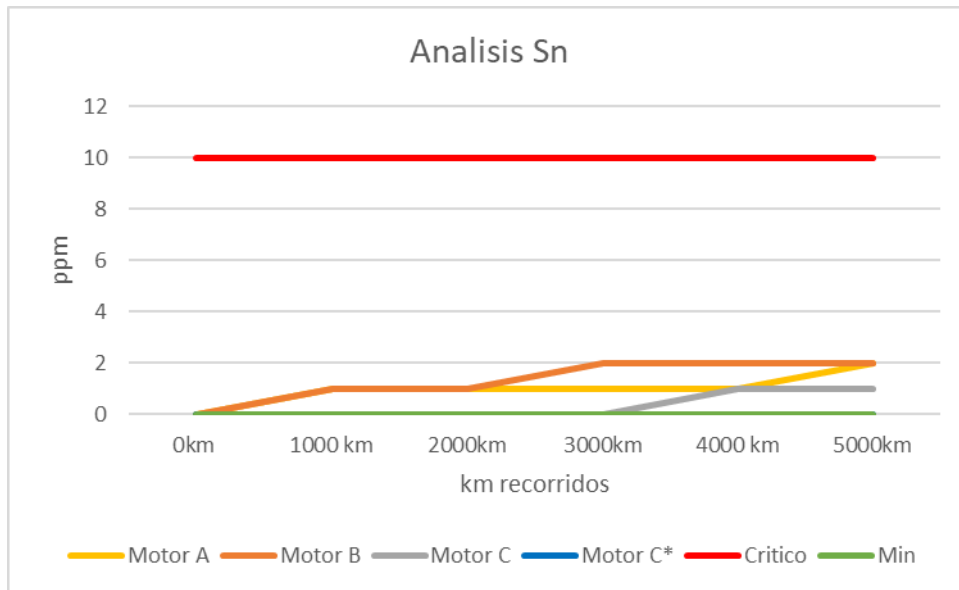


Figura 88  
Tendencia del estaño

Fuente: fig. 56

El estaño está en las aleaciones de metales en los cojinetes y bujes y volandas de empaque, estos dependen exclusivamente del 100% de la lubricación hidrodinámica.

Al observar nuestro gráfico observamos que casi no existe presencia de estaño en ninguna de las muestras, llegando apenas a en el motor B con 2 ppm a los 5000 km de operación.

## **CAPITULO V**

### **5. ELABORACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Se plantea las diversas técnicas de elaboración y planes de mantenimiento, con el análisis real de todas las etapas que se deben verificar para diseñar un plan de mantenimiento basado en Protocolos Normalizados de acuerdo a la maquina a evaluar.

#### **5.1 LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

En una estimación del 70% del mantenimiento de vehículos es reactivo, cuando debería ser preventivo, ya que en el mantenimiento al que nos referimos, hay una serie de costos ocultos: elevados inventarios, costosas tarifas en adquisición de repuestos, un mejor almacenamiento de repuestos, tiempo mal utilizado esperando por herramientas, insumos y mano de obra, elevados costos de horas extra, mayor tiempo de parada de unidades, etc.

El equipamiento es el corazón de cada operación y el más pequeño fallo podrá afectar no solo los procesos esenciales, sino que también puede poner en riesgo la integridad de las personas y las unidades.

Todo lo antes citado se podrá evitarse con un programa de mantenimiento adecuado.

#### **5.2 .LA NECESIDAD DE ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO**

Las unidades móviles siempre requerirán de un mantenimiento periódico por muchas razones, tales como

#### **5.3. EVITAR ALTOS COSTOS EN REPARACIONES CORRECTIVAS**

Al realizar un efectivo mantenimiento periódico y de rutinario hará que los costos sean predecibles y por consiguiente sea más barato que el de emergencia que puedan incrementar los costos de presupuestos en mantenimiento

#### **5.5 AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DEL VEHÍCULO.**

Respetando la frecuencia de mantenimientos periódicos se aumentará el tiempo de productividad, se minimizará los gastos operativos en mantenimiento



## **5.6 TENER SEGURIDAD**

Es importante tener un vehículo en óptimas condiciones mecánicas para asegurar su funcionamiento correcto y adecuado.

## **5.7 MUCHO MÁS TIEMPO EN CONDICION DE OPERACIÓN**

No se desea tener unidades varadas. Con un mantenimiento preventivo óptimo y regular, habrá menos riesgo de reparaciones de emergencia. Entonces los vehículos estarán más largo tiempo al servicio de la empresa.

Es así que mantener los vehículos operativos y seguros es primordial para que las operaciones dentro de la empresa funcionen correctamente. Esto mejora la fiabilidad de los vehículos, asegurando que ningún vehículo quede inoperativo. Esto ahorrará pasivos y evitará retrasos no deseados en las operaciones de los vehículos.

## **5.8 . REDUCIR CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Un camión óptimamente mantenido consume menos combustible. Es por eso los gastos de combustible pueden ser enormes y es algo que toda empresa debe reducir.

## **5.9. LA PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN POR UN MAL MANTENIMIENTO**

- Las pérdidas de producción son problemas que afectan a la empresa de diversas formas, ya que disminuyen la producción y generan importantes pérdidas económicas. La búsqueda de mejoras debe ser continua: al reducir el coste de mantenimiento se agiliza la cadena productiva, y con ello se obtienen mejores resultados a final de mes.
- Sin duda, una parte importante de la prevención, es conocer las principales causas de retraso de producción.

## 5.10. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El desarrollo de nuestro plan de mantenimiento será:

### 5.11 PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. –

COMPONENTES	MOTOR 4M50 MITSUBISHI	MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORIGINAL CADA 5000 KM								
		USO DE ACEITE MOBIL 15W40 DELVAC MX ESP MINERAL								
		5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000
MOTOR	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE		X		X		X		X	
	CAMBIO DE FILTRO DE AIRE		X		X		X		X	
TRANSMISION DIFENCIALES Y EJES	CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISION MECANICA		X		X		X		X	
	CAMBIO DE ACEITE DE DIFERENCIAL TRASERO		X		X		X		X	
FRENOS	REGULACION DE FRENOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VARIOS	REVISION GENERAL DE 20 PUNTOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 37

Plan de mantenimiento original cada 50000 km

Fuente: pág. web MITUBISHI MOTORS

## PLAN DE MANTENIMIENTO ADAPTADO A ACEITE MINERAL MOBIL 15W40 DELVAC MX ESP (MINERAL)

### PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTA 1

tabla 38

plan de mantenimiento propuesta 1

COMPONENTES	MOTOR 4M50 MITSUBISHI	MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PROPUESTA 1) CADA 4000 KM									
		USO DE ACEITE MOBIL 15W40 DELVAC MX ESP MINERAL									
		4000	8000	12000	16000	20000	24000	28000	32000	36000	40000
MOTOR	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE		X		X		X		X		X
	CAMBIO DE FILTRO DE AIRE		X		X		X		X		X
TRANSMISION DIFENCIALES Y EJES	CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISION MECANICA		X		X		X		X		X
	CAMBIO DE ACEITE DE DIFERENCIAL TRASERO		X		X		X		X		X
FRENOS	REGULACION DE FRENOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VARIOS	REVISION GENERAL DE 20 PUNTOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

Esta tabla de mantenimiento considera las labores mínimas indispensables para mantener un eficiente control de mantenimiento de los motores MITSUBISHI FUSO con motor 4M50,

Al momento de la inspección es posible recomendar labores adicionales los cuales no están incluidas en esta tabla.

Esta tabla está basada al estudio previo de la condición del aceite y los valores obtenidos mediante el análisis de laboratorio del aceite, que por resultados obtenidos indica que el tiempo de degradación del aceite antes de los 5000 mil km recomendados por el fabricante,

dado la operación, lugar y condiciones en las que estos equipos operan la degradación del aceite será a los 4000 km efectivos de operación.

### **ANTES DE ARRANCAR EL MOTOR**

- Refrigerante de Motor, nivel                      Verificar
- Tapa del Radiador, estado                      Verifica
- Bandas de Motor, roturas y desgarras      Verificar
  
- Aceite de Motor, nivel                              Verificar
- Refrigerante, Combustible y Aceite, fugas    Verificar

### **SENTADO EN EL ASIENTO DEL CONDUCTOR**

- Palanca de Freno de Parqueo, holgura      Verificar
- Pedal de Freno de Servicio, juego libre    Verificar
- Arranque el Motor, ruidos                      Verificar
- Líquido de Frenos, nivel                        Verificar
- Volante de Dirección, juego libre          Verificar
- Pitos, funcionamiento                        Verificar
- Limpiaparabrisas, funcionamiento        Verificar
- Indicadores del Tablero de Instrumentos, funcionamiento    Verificar
- Cerraduras de Puerta, funcionamiento    Verificar

### **CAMINE ALREDEDOR DEL CAMIÓN**

- Neumáticos, presión-daños-grietas        Verificar
- Ballestas de Suspensión, rotura-alineación    Verificar
- Filtro Separador de Agua, tapón            Drenar
- Neumático de Repuesto, condición        Verificar
- Carga, distribución y nivelación          Verificar
- Líquido de Baterías, nivel                    Verificar

### **CONDICIONES GENERALES**

- Eje y Suspensión posterior                  Lubricar
- Eje y Suspensión delantera                Lubricar
- Cardanes - Crucetas y Junta Deslizante    Lubricar
- Cabina - Bisagras de Puertas              Lubricar

- Cabina - Gancho de Anclaje y mecanismo Lubricar
- Motor - Refrigerante, nivel Verificar
- Radiador - Tapa, estado Verificar
- Motor - Bandas, estado Verificar
- Freno - Palanca de Parqueo, regulación Verificar
- Freno - Pedal de Servicio, holgura Verificar
- Motor - Sonidos y Ruidos Verificar
- Freno - Purga de Aire de Tanques Verificar
- Freno - Líquido, nivel Verificar
- Dirección - Líquido y funcionamiento Verificar
- A/C y Calefacción, funcionamiento Verificar
- Luces en General Verificar
- Tablero Instrumentos - Luces Verificar
- Neumáticos - condición y presión Verificar

-

➤ **PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTA 2, ADAPTADO AI ACEITE SEMISINTETICO MOBL15W40 DELVAC EXTREME (SEMI SINTETICO)**

Tabla 39  
PROPUESTA 2 CADA 10000 KM

COMPONENTES	MOTOR 4M50 MITSUBISHI	MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PROPUESTA 2) CADA 10000 KM									
		USO DE ACEITE MOBIL 15W40 DELVAC EXTREME SEMI SINTETICO									
	KM	1000	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000
MOTOR	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE FILTRO DE AIRE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRANSMISION DIFENCIALES Y EJES	CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISION MECANICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAMBIO DE ACEITE DE DIFERENCIAL TRASERO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FRENOS	REGULACION DE FRENOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VARIOS	REVISION GENERAL DE 20 PUNTOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia

**ANTES DE ARRANCAR EL MOTOR**

- Refrigerante de Motor, nivel Verificar
- Tapa del Radiador, estado Verifica
- Bandas de Motor, roturas y desgarrs Verificar
- Aceite de Motor, nivel Verificar
- Refrigerante, Combustible y Aceite, fugas Verificar

## **SENTADO EN EL ASIENTO DEL CONDUCTOR**

- Palanca de Freno de Parqueo, holgura      Verificar
- Pedal de Freno de Servicio, juego libre      Verificar
- Arranque el Motor, ruidos      Verificar
- Líquido de Frenos, nivel      Verificar
- Volante de Dirección, juego libre      Verificar
- Pitos, funcionamiento      Verificar
- Limpiaparabrisas, funcionamiento      Verificar
- Indicadores del Tablero de Instrumentos, funcionamiento      Verificar
- Cerraduras de Puerta, funcionamiento      Verificar

## **CAMINE ALREDEDOR DEL CAMIÓN**

- Neumáticos, presión-daños-grietas      Verificar
- Ballestas de Suspensión, rotura-alineación      Verificar
- Filtro Separador de Agua, tapón      Drenar
- Neumático de Repuesto, condición      Verificar
- Carga, distribución y nivelación      Verificar
- Líquido de Baterías, nivel      Verificar

## **CONDICIONES GENERALES**

- Eje y Suspensión posterior      Lubricar
- Eje y Suspensión delantera      Lubricar
- Cardanes - Crucetas y Junta Deslizante      Lubricar
- Cabina - Bisagras de Puertas      Lubricar
- Cabina - Gancho de Anclaje y mecanismo      Lubricar
- Motor - Refrigerante, nivel      Verificar
- Radiador - Tapa, estado      Verificar
- Motor - Bandas, estado      Verificar
- Freno - Palanca de Parqueo, regulación      Verificar
- Freno - Pedal de Servicio, holgura      Verificar
- Motor - Sonidos y Ruidos      Verificar
- Freno - Purga de Aire de Tanques      Verificar
- Freno - Líquido, nivel      Verificar
- Dirección - Líquido y funcionamiento      Verificar

- A/C y Calefacción, funcionamiento      Verificar
- Luces en General      Verificar
- Tablero Instrumentos - Luces      Verificar
- Neumáticos - condición y presión      Verificar

## CAPITULO VI

### COSTOS Y PRESUPUESTOS

En este capítulo se detallan los costos directos en materiales, insumos y mano de obra para cada ciclo de mantenimiento preventivo, en el mantenimiento original recomendado por el fabricante y con las dos propuestas de mantenimiento que se alcanzan después del análisis de las muestras por cada mantenimiento.

Se precisa que el costo del muestreo de aceite en laboratorio en esta ocasión fue directamente financiado por parte del desarrollador de la presente tesis= US\$ 25.00 por muestra, haciendo un total en 24 muestras y. US\$ 600.00 dólares americanos.

#### 6.1.- ANALISIS ECONOMICO:

- ACEITE MINERAL MOBIL 15W40 DELVAC MX ESP (MINERAL)  
S/115.00x Galón

Cantidad de aceite x cambio de aceite = 3 Gl x 115.00= S/. 345.00

#### PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORIGINAL

*Tabla 40*  
*costos plan de mantenimiento original*

N°	DESCRIPCION	UNI	CANT	PRECIO UNI	TOTALS/.
1	ACEITE (MINERAL) MOBIL 15W40 DELVAC MX ESP (MOTOR)	Gl	3	S/ 115.00	S/ 345.00
2	ACEITE MOBIL ATF DM (TRANSMISION)	Lt	3	S/ 20.00	S/ 60.00
3	ACEITE MOBIL ATF DM (DEFERENCIAL POSTERIOR)	Lt	2	S/ 20.00	S/ 40.00
4	FILTRO DE ACEITE	Elem	1	S/ 74.58	S/ 74.58
5	FILTRO DE COMBUSTIBLE	Elem	1	S/ 111.45	S/ 111.45
6	FILTRO DE AIRE	Elem	1	S/ 123.00	S/ 123.00
7	MANO DE OBRA	Gral	1	S/ 150.00	S/ 150.00
<b>TOTAL</b>					S/ 904.03

Fuente: elaboración propia

- ACEITE MOBIL 15W40 DELVAC EXTREME (SEMI SINTETICO)  
S/145.00x Galón

Cantidad de aceite x cambio de aceite = 3 x 145.00= S/. 435.00

## PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO OPCION 2

Tabla 41  
plan de mantenimiento opción 2

N°	DESCRIPCION	UNI	CANT	PRECIO UNI	TOTAL S/.
1	ACEITE (SEMISINTETICO) MOBIL 15W40 DELVAC EXTREME (MOTOR)	Gl	3	S/ 145.00	S/ 435.00
2	ACEITE MOBIL ATF DM (TRANSMISION)	Lt	3	S/ 20.00	S/ 60.00
3	ACEITE MOBIL ATF DM (DEFERENCIAL POSTERIOR)	Lt	2	S/ 20.00	S/ 40.00
4	FILTRO DE ACEITE	Elem	1	S/ 74.58	S/ 74.58
5	FILTRO DE COMBUSTIBLE	Elem	1	S/ 111.45	S/ 111.45
6	FILTRO DE AIRE	Elem	1	S/ 123.00	S/ 123.00
7	MANO DE OBRA	Gral	1	S/ 150.00	S/ 150.00
<b>TOTAL</b>					S/ 994.03

Fuente: elaboración propia

Por el tipo de operación de estas máquinas el periodo de cambio de aceite y mantenimiento preventivo se realiza aproximadamente 5 veces por año.

Mantenimiento preventivo, acciones:

- ANTES Cambio del filtro de aceite.
- ANTES Cambio del filtro de petróleo.
- ANTES Cambio del filtro de aire.
- ANTES Cambio del aceite de motor 15w40 (3 Lts)

Tabla 42  
Cuadro comparativo de mantenimientos

TIPO DE MANTTO	DESCRIPCION	CANTIDAD MANTTO ANUAL APROX 40,000KM	FORMULA	COSTO X MANTTO	TOTAL ANUAL
ORIGINAL	MANTTO ORIGINAL	8	40.000KM / 5000KM	S/ 904.03	S/ 7,232.24
OPC 1	MANTTO OPC 1	10	40.000KM / 4000KM	S/ 904.03	S/ 9,040.30
OPC2	MANTTO OPC 2	5	40.000KM / 10000KM	S/ 994.03	S/ 4,970.15

Fuente: elaboración propia

Podemos observar que entre la opción original y la opción 2 existe una diferencia de S/. 2262.09 anuales, que sería de beneficio para la empresa.

### Cálculo del TIR

El TIR es la tasa de descuento con la que el valor actual neto (VAN) se iguala a cero o



$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

$I_0$  = Inversión inicial.

$C_n$  = Flujo de caja o de beneficios generados por la inversión en cada periodo.

$N$  = Número total de periodos.

$n$  = Año en el que se van obteniendo los beneficios de cada periodo.

$r$  = TIR

$I_0 = 994.03$

$C_n = 94$

$N = 5$

$n = 1$

$r = \text{TIR}$

$$r = \text{TIR} = 2.42$$

Conclusión:  $\text{TIR} > 0$ . El proyecto es aceptable, ya que su rentabilidad es mayor que la rentabilidad mínima requerida o coste de oportunidad.

## **CAPITULO. VII**

### **7.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1.- Se plantea las modificaciones en los planes de mantenimiento en cuanto se refiere al cambio del aceite, cambiando el aceite mineral Mobil 15w40 DELVAC MX ESP, por el aceite Semi sintético Mobil 15w40 DELVAC EXTREME y un cambio de aceite cada 10000 km de funcionamiento de las unidades.

2.- Se realizo los muestreos en laboratorio, concluyendo que el lubricante usado en los mantenimientos preventivos de las unidades resulto no ser el adecuado para los motores por el lugar y operación en donde circulan las unidades. Demostrando la prematura degradación del lubricante casi en todos los componentes aditivos, solo llegando a cubrir los primeros 4000 km de recorrido con composición adecuada del lubricante y a los últimos 1000 km la composición del lubricante no se encontraba óptimo para una adecuada lubricación del motor, por otra parte, la degradación del lubricante (semisintético) arrojó menores resultados en la degradación del lubricante a los 4000 km y hasta incluso sobrepasando la balla de los 5000 km recorridos para el recambio de aceite y mantenimiento preventivo de la unidad.

3.- Se realizo la interpretación de análisis de las partículas presentes en el aceite, así evaluamos la calidad de aceite como también podemos saber la cantidad de elementos metálicos (PQI) en el aceite de motor.

4.- Se realizo la comparativa con datos obtenidos en laboratorio en las siguientes condiciones: cSt a 100 °C. Norma ASTM D445.

Las tres primeras muestras presentan una disminución progresiva de la viscosidad en la medida en que va aumentando el número de horas de operación del motor al llegar de 10.5 a 11 sCt, por debajo del límite del parámetro.

5.- Se realizo una interpretación del lubricante evaluando los elementos de degradación de condición del lubricante como el hollín, oxidación, nitración, sulfatación y la viscosidad y los valores de PQI encontrados en el aceite, así como también los elementos metálicos de desgaste que conforman la estructura interna del motor como Cu, Fe, Cr, Al, Pb, Sn, Si, Na, K, Mo, Ni, Ag, Ti, V, Mn, Cd, Ca, Pb, Zn, Mg, Bo, B. la interpretación es de gran importancia porque con ello nos ayudará a tomar decisiones en cuanto a la reformulación de mantenimientos de motores, en el tipo, calidad y periodos de cambio de aceites.

6.- Se recalculo los periodos de cambio de aceite y cambio de aceite de un mineral a un sintético de la misma marca y del mismo grado

A.- usando el aceite mineral que recomienda el fabricante, pero con ciclos de cambio solo antes de los 4000 km recorridos ya que sobrepasando esta cantidad de km el aceite pierde propiedades de lubricación considerablemente

B.- usando el aceite del mismo grado y calidad, pero con aditivos semisintético y realizando el cambio cíclico de aceite cada 10000 km para garantizar una óptima lubricación del motor.

7.- Se realizó un análisis de costos donde existe un ahorro de S/2.262.00 soles en un ciclo de 40000 km de recorrido anual de cada unidad.

### **RECOMENDACIONES:**

- El presente estudio represento un aporte positivo para la compañía en cuanto a que contribuirá a preservar los activos y prolongará a vida útil de los motores 4M50, alargando reparaciones de motor. con la disminución del costo anual en cambios de lubricante y permitiendo obtener una durabilidad mayor en la vida útil del motor. Recomendamos a la compañía mantenerse con los cambios de aceite en el Kilometraje que nos permite obtener los aditivos que cuidan a sus motores y componentes, no sobrepasar el kilometraje recomendado en el análisis ya que podríamos tener daños graves.
- El estado de funcionamiento de las unidades es esencial ya que para alargar la vida útil del lubricante cada unidad debe estar en perfecto estado, para ellos se recomienda realizar mantenimientos preventivos constantes, con la finalidad de evitar averías y detenciones de la maquinaria. Generando mayores costos de mantenimientos correctivos.
- Al realizar la toma de muestras se recomienda seguir los pasos descritos en el estudio, debido a que si la muestra se llega a contaminar por material particulado los resultados de los análisis van a ser incorrectos.
- Se recomienda realizar análisis de aceite periódicos de todas las flotas de unidades móviles, para mejorar y diseñar nuevos planes de mantenimiento acorde a lugar modo y forma de operación de cada unidad, ya que están variando por cada uno como lo vemos en el presente trabajo de tesis.
- Se recomienda realizar mayor cantidad de muestreos y con menores ciclos en aceites de motor, ya que al tener mayor data estos resultados permitirán mejor información acerca del estado del aceite y posibles fallos futuros dentro del motor, teniendo mejor interpretación del muestreo.

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

- Introducción a la lubricación CAMPUS TECNOLÓGICO, UNIVERSIDAD DE NAVARRA
- Pag. Web [www.aceites Melluso.htm](http://www.aceites Melluso.htm)
- [www.expedicionesdeleste.com.ar/Principal/articulos/grasas/grasas%20Melluso.htm](http://www.expedicionesdeleste.com.ar/Principal/articulos/grasas/grasas%20Melluso.htm)
- <http://www.lubricar.net/teoria.N Bibliografía>
- Albarracín, P. (1993). “Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz”, Tomo I, 2da.Edición. Colombia.
- Cesáreo, F. (1998) “Tecnología del Mantenimiento Industrial”. Servicio de Publicaciones,Universidad de Murcia.
- Fitch, J. Trad: Trujillo, G. (2002). “Guía de procedencia de elementos para aceite usado”.Ed. Noria. México.
- González, F. (2005). “Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado”. 2 ed.Fundación Confemetal.
- Mayer, A. (2005). “Set Oil Analysis Limits Correctly”. Revista Practicing Oil Analysis.Noria Corporation
- Saldivia, F. (2013). “Comportamiento de las propiedades físico-químicas de un aceitelubricante usado en un Motor de combustión interna”. Trabajo de ascenso. UNEXPO Barquisimeto.
- Troyer, D., Fitch, J. (2004). “Oil Analysis Basics”. Noria
- Trujillo, G. (Abril - Mayo 2007). “Análisis de aceite, una estrategia proactiva y predictiva”.Revista Machinery
- Lubricación en español. Noria Corporación.
- ORIA Latín América
- TEXACO INC operación de motores Diésel, edición New York
- Efectos de la altitud sobre la combustión Carlos Velasco Hurtado Carrera de Ingeniería Metalúrgica,Universidad Técnica de Oruro
- Javier Velasco Villarroel Postgrado de Física, Universidad Mayor de San Andrés Ing. Fernando Puerta H., PhD. Rocco Tarantino A., M.Sc. Sandra Aranguren Z. Universidad de Pamplona
- Instituto de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Aplicadas (IIDTA) Aranguren S, Tarantino R. (2006). Métodos de Detección y Diagnóstico de Fallas en la Industria.

- V Congreso Internacional de Electrónica y Tecnologías de Avanzada Universidad de Pamplona, Colombia.
- Bosch, (2000). Técnica de los gases de escape 1ª edición, Alemania. Creus,
- Antonio(1998). Instrumentación Industrial Prentice Hall
- Figueroa, Simón J (1997). Mantenimiento de Motores Diésel. Universidad de los Andes, Escuela de Ingeniería Mecánica, Mérida Venezuela pp. 21-67.


## ANEXOS

### ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLES DEPENDIENTES DE DISEÑO</b>
Como mejorar la operatividad y prolongar una mayor vida útil en motores diésel Mitsubishi 4M50 con 174 hp para una altitud de 4100 msnm?	Diseñar un plan de mantenimiento predictivo basado en la tribología del lubricante para motores diésel Mitsubishi 4M50 de 174 Hp para una altitud de 4100 msnm.	Se podrá mejorar la operatividad y prolongar una mayor vida útil con el diseño de un plan de mantenimiento predictivo basado en la tribología del lubricante para motores diésel Mitsubishi 4M50 de 174 Hp para una altitud de 4100 msnm?	Plan de mantenimiento predictivo basado en la tribología del lubricante
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS SECUNDARIAS</b>	<b>VARIABLES INDEPENDIENTES DE DISEÑO</b>
1.- ¿Cómo determinar condición de la degradación del lubricante?	1.- Realizar muestreos de la condición del lubricante en laboratorio de fluidos.	1.- El análisis de muestreo de degradación de lubricante permitirá evaluar la condición, calidad del lubricante.	1.- Aditivación y viscosidad del lubricante
2.- ¿Cómo determinar el análisis de muestras de partículas en el lubricante?	2.- Realizar una correcta interpretación de análisis de partículas en el lubricante.	2.- La interpretación del análisis de las muestras de partículas, permitirá evaluar la condición y calidad del lubricante.	2.- análisis de laboratorio

3.- ¿Cómo Determinar el análisis de viscosidad para lubricante de motor diésel?	3.- Realizar una comparativa con los datos obtenidos de laboratorio con parámetros estandarizados de viscosidad.	3.- La comparativa de datos obtenidos en laboratorio permitirá determinar la viscosidad del lubricante en motores diesel.	3.- Tiempo de eficiencia en lubricantes para motor diésel.
4.- ¿ como interpretar adecuadamente los reportes de análisis de lubricante?	4.- Realizar una interpretacion basada en estudios de experiencia anteriores y con una cantidad mayor posible de datos	4.- La interpretacion de analisis de lubricante, determinara la degradación del lubricante para motores Diesel	4.- Contaminantes del sistema de lubricacion
5.- ¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento predictivo basado en la tribología del lubricante para motores diésel Mitsubishi 4M50 de 174 hp y para una altitud de 4100 msnm?	5.- Diseñar un plan de mantenimiento predictivo basado en resultados de tiempos de operación y calidades de aceite obtenidos en el análisis de laboratorio.	5.- El diseño de un plan de mantenimiento predictivo será posible con los resultados tiempos de operación y calidades de aceites obtenidos en laboratorio?	5.- Plan de mantenimiento preventivo inadecuado
6.- ¿Se podrá reducir los costos en mantenimiento y reparaciones de los motores, con el diseño de un nuevo plan de mantenimiento?	6.- Realizar un análisis económico en el nuevo plan de mantenimiento, para reducir costos y reparaciones.	6.- El análisis económico permitirá evaluar poner en practica un nuevo plan de mantenimiento para los motores 4M50.	6.- Vida Útil de motores Diesel.

# ANEXO 02: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52262-0027



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500055724 Fecha De Toma De Muestra: 06-Abr-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 15-Abr-22.</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234 <b>MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</b> Seguimiento</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>CAMION FURGON, no presenta partículas ni componentes de desgaste, Niveles de Pureza de Aceite Óptimo, Viscosidad Óptima Revisar recorrido y Uso de Operación de Aceite de Motor.</p>	<p>Interpretado por Hubert Chacon Fecha de Interpretación 16-Abr-22</p>
---	--	---

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

		
Fecha De Muestra	06-Abr-22	
Id De Muestra	R080-52262-0027	
Fecha De Lab.	15-Abr-22	
Horómetro (Hr)	15050,0	
Horas Del Fluido	0	
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP	
Grado Del Fluido	15W-40	
Tipo De Fluido		
Fluido Cambiado	N	
Filtro Cambiado	N	

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

06-Abr-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	14.10
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	0
OXI	Oxidación	0
SUL	Sulfatación	0.78
NIT	Nitración	0
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

06-Abr-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	1
Fe	Hierro	3
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	2
Pb	Plomo	2
Sn	Estaño	1
Si	Silicio	2
Na	Sodio	1
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	30
Ni	Níquel	1
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	2000
P	Fósforo	1300
Zn	Zinc	1400
Mg	Magnesio	1100
Ba	Bario	0
B	Boro	0


<b>REFRIGERANTE</b>		
A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

**LIMPIEZA**

06-Abr-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	0



# ANEXO 03: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52501-0001



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe


<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52282-0027</p> <p>N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500055840</p> <p>Fecha De Toma De Muestra: 15-Abr-22</p> <p><b>FERREYROS CUZCO</b></p> <p>CUZCO - AGRICOLA</p> <p>Localización MINERA TINTAYA</p> <p>Fecha recepción de muestra 23-Abr-22.</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234</p> <p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU22234</p> <p><b>MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</b></p> <p><b>Seguimiento</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>CÁMION FURGON</b>, presencia de Partículas Ferrosas, Incremento Acelerado de Índice PQ, Parámetros dentro de lo Aceptable, seguir muestreando para desarrollo de tendencias de PQ, Evaluar condiciones de Operación del Equipo, Revisar Temperatura de Motor y Verificar Filtros.</p>	<p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b></p> <p>Fecha de Interpretación <b>25-Abr-22</b></p>
---	---	--

<p style="text-align: center;"><b>INFORMACIÓN DE MUESTRA</b></p> <p style="text-align: center;">15-Abr-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Fecha De Muestra</td><td>15-Abr-22</td></tr> <tr><td>Id De Muestra</td><td>R080-52501-0001</td></tr> <tr><td>Fecha De Lab.</td><td>23-Abr-22</td></tr> <tr><td>Morómetro [Hr]</td><td>16035,0</td></tr> <tr><td>Horas Del Fluido</td><td>1000</td></tr> <tr><td>Marca Del Fluido</td><td>MOBIL DELVAC MXESP</td></tr> <tr><td>Grado Del Fluido</td><td>15W-40</td></tr> <tr><td>Tipo De Fluido</td><td></td></tr> <tr><td>Fluido Cambiado</td><td>N</td></tr> <tr><td>Filtro Cambiado</td><td>N</td></tr> </table>	Fecha De Muestra	15-Abr-22	Id De Muestra	R080-52501-0001	Fecha De Lab.	23-Abr-22	Morómetro [Hr]	16035,0	Horas Del Fluido	1000	Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MXESP	Grado Del Fluido	15W-40	Tipo De Fluido		Fluido Cambiado	N	Filtro Cambiado	N	<p style="text-align: center;"><b>CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN</b></p> <p style="text-align: center;">15-Abr-22</p> <p>Para historial de muestras adicional, ir a <a href="http://my.cat.com">my.cat.com</a></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b></td></tr> <tr><td>V100</td><td>Viscosidad a 100C</td><td>13.5</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b></td></tr> <tr><td>ST</td><td>Hollin</td><td>3</td></tr> <tr><td>OXI</td><td>Oxidación</td><td>3</td></tr> <tr><td>SUL</td><td>Sulfatación</td><td>0</td></tr> <tr><td>NIT</td><td>Nitración</td><td>2</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>AGUA</b></td></tr> <tr><td>W</td><td>Agua</td><td>N</td></tr> </table>	<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>			V100	Viscosidad a 100C	13.5	<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>			ST	Hollin	3	OXI	Oxidación	3	SUL	Sulfatación	0	NIT	Nitración	2	<b>AGUA</b>			W	Agua	N
Fecha De Muestra	15-Abr-22																																															
Id De Muestra	R080-52501-0001																																															
Fecha De Lab.	23-Abr-22																																															
Morómetro [Hr]	16035,0																																															
Horas Del Fluido	1000																																															
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MXESP																																															
Grado Del Fluido	15W-40																																															
Tipo De Fluido																																																
Fluido Cambiado	N																																															
Filtro Cambiado	N																																															
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>																																																
V100	Viscosidad a 100C	13.5																																														
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>																																																
ST	Hollin	3																																														
OXI	Oxidación	3																																														
SUL	Sulfatación	0																																														
NIT	Nitración	2																																														
<b>AGUA</b>																																																
W	Agua	N																																														

<p style="text-align: center;"><b>NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS</b></p> <p style="text-align: center;">15-Abr-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b></td></tr> <tr><td>Cu</td><td>Cobre</td><td>2</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Hierro</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Cromo</td><td>1</td></tr> <tr><td>Al</td><td>Aluminio</td><td>6</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>Plomo</td><td>0</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>Estaño</td><td>1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>Silicio</td><td>6</td></tr> <tr><td>Na</td><td>Sodio</td><td>1</td></tr> <tr><td>K</td><td>Potasio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>Moibdeno</td><td>35</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>Niquel</td><td>5</td></tr> <tr><td>Ag</td><td>Plata</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>Titanio</td><td>0</td></tr> <tr><td>V</td><td>Vanadio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>Manganeso</td><td>0</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>Cadmio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>Calcio</td><td>1855</td></tr> <tr><td>P</td><td>Fosforo</td><td>1288</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>1395</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Magnesio</td><td>1033</td></tr> <tr><td>Ba</td><td>Bario</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>Boro</td><td>0</td></tr> </table>	<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>			Cu	Cobre	2	Fe	Hierro	5	Cr	Cromo	1	Al	Aluminio	6	Pb	Plomo	0	Sn	Estaño	1	Si	Silicio	6	Na	Sodio	1	K	Potasio	0	Mo	Moibdeno	35	Ni	Niquel	5	Ag	Plata	0	Ti	Titanio	0	V	Vanadio	0	Mn	Manganeso	0	Cd	Cadmio	0	Ca	Calcio	1855	P	Fosforo	1288	Zn	Zinc	1395	Mg	Magnesio	1033	Ba	Bario	0	B	Boro	0	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>REFRIGERANTE</b></td></tr> <tr><td>A</td><td>Anticongelante</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>COMBUSTIBLE</b></td></tr> <tr><td>F</td><td>Combustible</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>LIMPIEZA</b></td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">15-Abr-22</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>ÍNDICE PQ</b></td></tr> <tr><td>PQI</td><td>Índice de Quantific</td><td>18</td></tr> </table>	<b>REFRIGERANTE</b>			A	Anticongelante	N	<b>COMBUSTIBLE</b>			F	Combustible	N	<b>LIMPIEZA</b>			15-Abr-22			<b>ÍNDICE PQ</b>			PQI	Índice de Quantific	18
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>																																																																																														
Cu	Cobre	2																																																																																												
Fe	Hierro	5																																																																																												
Cr	Cromo	1																																																																																												
Al	Aluminio	6																																																																																												
Pb	Plomo	0																																																																																												
Sn	Estaño	1																																																																																												
Si	Silicio	6																																																																																												
Na	Sodio	1																																																																																												
K	Potasio	0																																																																																												
Mo	Moibdeno	35																																																																																												
Ni	Niquel	5																																																																																												
Ag	Plata	0																																																																																												
Ti	Titanio	0																																																																																												
V	Vanadio	0																																																																																												
Mn	Manganeso	0																																																																																												
Cd	Cadmio	0																																																																																												
Ca	Calcio	1855																																																																																												
P	Fosforo	1288																																																																																												
Zn	Zinc	1395																																																																																												
Mg	Magnesio	1033																																																																																												
Ba	Bario	0																																																																																												
B	Boro	0																																																																																												
<b>REFRIGERANTE</b>																																																																																														
A	Anticongelante	N																																																																																												
<b>COMBUSTIBLE</b>																																																																																														
F	Combustible	N																																																																																												
<b>LIMPIEZA</b>																																																																																														
15-Abr-22																																																																																														
<b>ÍNDICE PQ</b>																																																																																														
PQI	Índice de Quantific	18																																																																																												

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este compartimento o equipo.

# ANEXO 04: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52262-0302



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 875 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

**MOTOR**

R080-52262-0027  
N° ORDEN DE TRABAJO, CUZ  
500055931  
Fecha De Toma De Muestra: 26-Abr-22  
**FERREYROS CUZCO**  
CUZCO - AGRICOLA  
Localización MINERA TINTAYA  
Fecha recepción de muestra 04-May-22

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234  
MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI  
Seguimiento



¡CAMION FURGON, presencia de Índice de PQ Alto, Presencia de Partículas Ferrosas, Verificar Operación de Equipo y Condiciones de Operación.

Interpretado por Hubert Chacon  
Fecha de Interpretación 05-May-22

## INFORMACIÓN DE MUESTRA

Fecha De Muestra	26-Abr-22
Id De Muestra	R080-52262-0302
Fecha De Lab.	04-May-22
Horómetro (Hr)	17033,0
Horas Del Fluido	2000,0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

26-Abr-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	13.1
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	5
OXI	Oxidación	8
SUL	Sulfatación	15
NIT	Nitración	6

## AGUA

W	Agua	N
---	------	---

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

26-Abr-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	8
Fe	Hierro	8
Cr	Cromo	1
Al	Aluminio	9
Pb	Plomo	0
Sn	Estaño	1
Si	Silicio	7
Na	Sodio	1
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	40
Ni	Níquel	5
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1542
P	Fósforo	1269
Zn	Zinc	1355
Mg	Magnesio	965
Ba	Bario	0
B	Boro	0

## REFRIGERANTE

A	Anticongelante	N
---	----------------	---


## COMBUSTIBLE

F	Combustible	N
---	-------------	---

## LIMPIEZA

26-Abr-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	25

# ANEXO 05: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52311-0002



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU

6264502, 6264516 6264503

Teléfono: 6264517

Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

## MOTOR

**R080-52262-0027**  
 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ  
 500055997  
 Fecha De Toma De Muestra: 06-May-22  
**FERREYROS CUZCO**  
 CUZCO - AGRICOLA  
 Localización MINERA TINTAYA  
 Fecha recepción de muestra 14-  
 May-22

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234

MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI

NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU22234



Seguimiento

Interpretado por Hubert Chacon

Fecha de Interpretación 16-May-22

CAMION FURGON, presencia Elevado de Indice PQ, Presencia de partículas Ferrosas, Evaluar condiciones de Operación del Equipo, Revisar Temperatura de Motor, Estado de Refrigerante, Verificar Filtros para Identificar Presencia de Partículas, Seguir muestreando para Desarrollar Tendencia del PQ.

## INFORMACIÓN DE MUESTRA

  
 Fecha De Muestra 06-May-22  
 Id De Muestra R080-52311-0002  
 Fecha De Lab 14-May-22  
 Horómetro [Hr] 18023.0  
 Horas Del Fluído 3000.0  
 Marca Del Fluído MÓBIL DELVAC MX ESP  
 Grado Del Fluído 15W-40  
 Tipo De Fluído  
 Fluído Cambiado N  
 Filtro Cambiado N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.oil.com](http://my.oil.com)

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

06-May-22

**VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445**  
 V100 Viscosidad a 100C 12.9

### INFRARROJO (UFM) ASTM E2412

ST	Hollin	7
OXI	Oxidación	10
SUL	Sulfatación	20
NIT	Nitración	12

### AGUA

W	Agua	N
---	------	---

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

06-May-22

### ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)

Cu	Cobre	15
Fe	Hierro	13
Cr	Cromo	2
Al	Aluminio	9
Pb	Plomo	1
Sn	Estañó	1
Si	Silicio	7
Na	Sodio	2
K	Potasio	2
Mo	Molibdeno	41
Ni	Niquel	8
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1422
P	Fósforo	1235
Zn	Zinc	1301
Mg	Magnesio	936
Ba	Bario	0
B	Boro	0

### REFRIGERANTE

A	Anticongelante	N
---	----------------	---

### COMBUSTIBLE

F	Combustible	N
---	-------------	---

## LIMPIEZA

06-May-22


### ÍNDICE PQ

PQI	Índice de Quantific	12.9
-----	---------------------	------

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este comportamiento o equipo.

Informe de Análisis de Aceite PÁGINA 1 of 2

**ANEXO 06: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio,  
ID de muestra N° R080-51211-0042**

	FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU
	6264502, 6264516 6264503
	Teléfono: 6264517
	Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

**MOTOR**

R080-52262-0027  
 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ  
 500055011  
 Fecha De Toma De Muestra: 16-May-22  
**FERREYROS CUZCO**  
 CUZCO - AGRICOLA  
 Localización MINERA TINTAYA  
 Fecha recepción de muestra 23-  
 May-22

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234  
 MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI

NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU22234



**Seguimiento**

Interpretado por **Hubert Chacon**  
 Fecha de Interpretación **24-May-22**

¡CAMION FURGON, Índice PQ indicaría presencia de partículas Ferrosas, Evaluar las condiciones de Operación del Equipo, revisar Temperatura del Motor/Sobre Cargas, Corte y Abra los filtros para Verificar posible Presencia de Partículas, Seguir muestreando para desarrollar Tendencias del PQ.

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Fecha De Muestra	16-May-22
Id De Muestra	R080-51211-0043
Fecha De Lab	23-May-22
Horómetro [Hr]	18983,0
Horas Del Fluido	4000,0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.oil.com](http://my.oil.com)

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

16-May-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	11.5
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	7
OXI	Oxidación	10
SUL	Sulfatación	24
NIT	Nitración	15
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

16-May-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	18
Fe	Hierro	22
Cr	Cromo	2
Al	Aluminio	10
Pb	Plomo	1
Sn	Estañó	1
Si	Silicio	9
Na	Sodio	2
K	Potasio	2
Mo	Molibdeno	45
Ni	Niquel	10
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1309
P	Fosforo	1185
Zn	Zinc	1245
Mg	Magnesio	898
Ba	Bario	0
B	Boro	1

**REFRIGERANTE**

A	Anticongelante	N
---	----------------	---

**COMBUSTIBLE**


F	Combustible	N
---	-------------	---

**LIMPIEZA**

16-May-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	42

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este comportamiento o equipo.

# ANEXO 07: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52061-0021



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 875 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500057302 Fecha De Toma De Muestra: 26-May-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 04-Jun-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, Presenta elevado Índice de PQ, posible presencia de partículas ferrosas. Evaluar condiciones de Operacion de Equipo, Revisar Temperaturas del Motor/Sobre Cargas, Cambiar filtros de Aceite y Verificar posible presencia de partículas, Seguir muestreando para desarrollar tendencias del PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU22234</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>06-Jun-22</b></p>
--	--	---


## INFORMACIÓN DE MUESTRA

<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 20%;">Fecha De Muestra</td><td>26-May-22</td></tr> <tr><td>Id De Muestra</td><td>R080-52061-0021</td></tr> <tr><td>Fecha De Lab.</td><td>04-Jun-22</td></tr> <tr><td>Horómetro [Hr]</td><td>19968.0</td></tr> <tr><td>Horas Del Fluido</td><td>5000.0</td></tr> <tr><td>Marca Del Fluido</td><td>MOBIL DELVAC MX ESP</td></tr> <tr><td>Grado Del Fluido</td><td>15W-40</td></tr> <tr><td>Tipo De Fluido</td><td></td></tr> <tr><td>Fluido Cambiado</td><td>N</td></tr> <tr><td>Filtro Cambiado</td><td>N</td></tr> </table>	Fecha De Muestra	26-May-22	Id De Muestra	R080-52061-0021	Fecha De Lab.	04-Jun-22	Horómetro [Hr]	19968.0	Horas Del Fluido	5000.0	Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP	Grado Del Fluido	15W-40	Tipo De Fluido		Fluido Cambiado	N	Filtro Cambiado	N	<p style="text-align: right; font-size: small;">Para historial de muestras adicional, ir a <a href="http://my.cat.com">my.cat.com</a></p> <h3 style="background-color: #FFD700; padding: 2px; text-align: center;">CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN</h3> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">26-May-22</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b></td></tr> <tr><td>V100</td><td>Viscosidad a 100C</td><td>10.8</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b></td></tr> <tr><td>ST</td><td>Hollin</td><td>8</td></tr> <tr><td>OXI</td><td>Oxidación</td><td>12</td></tr> <tr><td>SUL</td><td>Sulfatación</td><td>28</td></tr> <tr><td>NIT</td><td>Nitración</td><td>17</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>AGUA</b></td></tr> <tr><td>W</td><td>Agua</td><td>N</td></tr> </table>	<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>			V100	Viscosidad a 100C	10.8	<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>			ST	Hollin	8	OXI	Oxidación	12	SUL	Sulfatación	28	NIT	Nitración	17	<b>AGUA</b>			W	Agua	N
Fecha De Muestra	26-May-22																																															
Id De Muestra	R080-52061-0021																																															
Fecha De Lab.	04-Jun-22																																															
Horómetro [Hr]	19968.0																																															
Horas Del Fluido	5000.0																																															
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP																																															
Grado Del Fluido	15W-40																																															
Tipo De Fluido																																																
Fluido Cambiado	N																																															
Filtro Cambiado	N																																															
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>																																																
V100	Viscosidad a 100C	10.8																																														
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>																																																
ST	Hollin	8																																														
OXI	Oxidación	12																																														
SUL	Sulfatación	28																																														
NIT	Nitración	17																																														
<b>AGUA</b>																																																
W	Agua	N																																														

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

<p style="text-align: center; font-size: x-small;">26-May-22</p> <h3 style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</h3> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Cu</td><td>Cobre</td><td>25</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Hierro</td><td>31</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Cromo</td><td>2</td></tr> <tr><td>Al</td><td>Aluminio</td><td>12</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>Plomo</td><td>2</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>Estaño</td><td>2</td></tr> <tr><td>Si</td><td>Silicio</td><td>9</td></tr> <tr><td>Na</td><td>Sodio</td><td>3</td></tr> <tr><td>K</td><td>Potasio</td><td>2</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>Molibdeno</td><td>49</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>Níquel</td><td>11</td></tr> <tr><td>Ag</td><td>Plata</td><td>1</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>Titanio</td><td>0</td></tr> <tr><td>V</td><td>Vanadio</td><td>1</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>Manganeso</td><td>1</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>Cadmio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>Calcio</td><td>1251</td></tr> <tr><td>P</td><td>Fósforo</td><td>1117</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>1229</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Magnesio</td><td>868</td></tr> <tr><td>Ba</td><td>Bario</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>Boro</td><td>2</td></tr> </table>	Cu	Cobre	25	Fe	Hierro	31	Cr	Cromo	2	Al	Aluminio	12	Pb	Plomo	2	Sn	Estaño	2	Si	Silicio	9	Na	Sodio	3	K	Potasio	2	Mo	Molibdeno	49	Ni	Níquel	11	Ag	Plata	1	Ti	Titanio	0	V	Vanadio	1	Mn	Manganeso	1	Cd	Cadmio	0	Ca	Calcio	1251	P	Fósforo	1117	Zn	Zinc	1229	Mg	Magnesio	868	Ba	Bario	0	B	Boro	2	<h3 style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">REFRIGERANTE</h3> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A</td><td>Anticongelante</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>COMBUSTIBLE</b></td></tr> <tr><td>F</td><td>Combustible</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>LIMPIEZA</b></td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center; font-size: x-small;">26-May-22</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>ÍNDICE PQ</b></td></tr> <tr><td>PQI</td><td>Índice de Quilific</td><td>53</td></tr> </table>	A	Anticongelante	N	<b>COMBUSTIBLE</b>			F	Combustible	N	<b>LIMPIEZA</b>			26-May-22			<b>ÍNDICE PQ</b>			PQI	Índice de Quilific	53
Cu	Cobre	25																																																																																						
Fe	Hierro	31																																																																																						
Cr	Cromo	2																																																																																						
Al	Aluminio	12																																																																																						
Pb	Plomo	2																																																																																						
Sn	Estaño	2																																																																																						
Si	Silicio	9																																																																																						
Na	Sodio	3																																																																																						
K	Potasio	2																																																																																						
Mo	Molibdeno	49																																																																																						
Ni	Níquel	11																																																																																						
Ag	Plata	1																																																																																						
Ti	Titanio	0																																																																																						
V	Vanadio	1																																																																																						
Mn	Manganeso	1																																																																																						
Cd	Cadmio	0																																																																																						
Ca	Calcio	1251																																																																																						
P	Fósforo	1117																																																																																						
Zn	Zinc	1229																																																																																						
Mg	Magnesio	868																																																																																						
Ba	Bario	0																																																																																						
B	Boro	2																																																																																						
A	Anticongelante	N																																																																																						
<b>COMBUSTIBLE</b>																																																																																								
F	Combustible	N																																																																																						
<b>LIMPIEZA</b>																																																																																								
26-May-22																																																																																								
<b>ÍNDICE PQ</b>																																																																																								
PQI	Índice de Quilific	53																																																																																						

# ANEXO 08: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52262-0027



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500055724 Fecha De Toma De Muestra: 06-Abr-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 15-Abr-22.</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234 <b>MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</b></p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, no presenta partículas ni componentes de desgaste, Niveles de Pureza de Aceite Óptimos, Viscosidad Óptima Revisar recorrido y Uso de Operación de Aceite de Motor.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU22234</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>16-Abr-22</b></p>
---	--	---

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

[Para historial de muestras adicional, ir a my.cat.com](#)

		
Fecha De Muestra		06-Abr-22
Id De Muestra		R080-52262-0027
Fecha De Lab.		15-Abr-22
Horómetro [Hr]		15050,0
Horas Del Fluido		0
Marca Del Fluido		MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido		15W-40
Tipo De Fluido		
Fluido Cambiado	N	
Filtro Cambiado	N	

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

06-Abr-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	14.10
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	0
OXI	Oxidación	0
SUL	Sulfatación	0,78
NIT	Nitración	0
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

06-Abr-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	1
Fe	Hierro	3
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	2
Pb	Plomo	2
Sn	Estaño	1
Si	Silicio	2
Na	Sodio	1
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	30
Ni	Níquel	1
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	2000
P	Fósforo	1300
Zn	Zinc	1400
Mg	Magnesio	1100
Ba	Bario	0
B	Boro	0


**REFRIGERANTE**

A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

**LIMPIEZA**

06-Abr-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	0

# ANEXO 09: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52301-0014



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU

6264502, 6264516 6264503

Teléfono: 6264517

Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027</p> <p>N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500055859</p> <p>Fecha De Torna De Muestra: 20-Abr-22</p> <p><b>FERREYROS CUZCO</b></p> <p>CUZCO - AGRICOLA</p> <p>Localización MINERA TINTAYA</p> <p>Fecha recepción de muestra 28-Abr-22.</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU31231</p> <p>MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <p><b>Seguimiento</b></p>  <p><b>Seguimiento</b></p> <p>¡CAMION FURGON, Presencia de Elementos Ferromagneticos Evidencia Indices PQ elevado, Revisar operación del Equipo y condiciones de operación, Revisar Temperaturas del Motor, Exceso de Carga, Corte y habra los filtros para verificar posible presencia de partículas, seguir muestreando para desarrollar tendencias del PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU31231</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b></p> <p>Fecha de Interpretación <b>29-Abr-22</b></p>
--	--	--


**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Para historial de muestras adicional, ir a [my.oil.com](http://my.oil.com)

<div style="background-color: #FFD700; padding: 2px 5px; text-align: center;"><b>INFORMACIÓN DE MUESTRA</b></div> <p style="text-align: center; font-size: small;">20-Abr-22</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Fecha De Muestra</td><td>20-Abr-22</td></tr> <tr><td>Id De Muestra</td><td>R080-52301-0014</td></tr> <tr><td>Fecha De Lab</td><td>28-Abr-22</td></tr> <tr><td>Horómetro [Hr]</td><td>20893.0</td></tr> <tr><td>Horas Del Fluido</td><td>860.0</td></tr> <tr><td>Marca Del Fluido</td><td>MOBIL DELVAC MX ESP</td></tr> <tr><td>Grado Del Fluido</td><td>15W-40</td></tr> <tr><td>Tipo De Fluido</td><td></td></tr> <tr><td>Fluido Cambiado</td><td>N</td></tr> <tr><td>Filtro Cambiado</td><td>N</td></tr> </table>	Fecha De Muestra	20-Abr-22	Id De Muestra	R080-52301-0014	Fecha De Lab	28-Abr-22	Horómetro [Hr]	20893.0	Horas Del Fluido	860.0	Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP	Grado Del Fluido	15W-40	Tipo De Fluido		Fluido Cambiado	N	Filtro Cambiado	N	<div style="background-color: #FFD700; padding: 2px 5px; text-align: center;"><b>CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN</b></div> <p style="text-align: center; font-size: small;">20-Abr-22</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b></td></tr> <tr><td>V100</td><td>Viscosidad a 100C</td><td>13.6</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b></td></tr> <tr><td>ST</td><td>Hollin</td><td>1</td></tr> <tr><td>OXI</td><td>Oxidación</td><td>1</td></tr> <tr><td>SUL</td><td>Sulfatación</td><td>3</td></tr> <tr><td>NIT</td><td>Nitración</td><td>2</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>AGUA</b></td></tr> <tr><td>W</td><td>Agua</td><td>N</td></tr> </table>	<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>			V100	Viscosidad a 100C	13.6	<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>			ST	Hollin	1	OXI	Oxidación	1	SUL	Sulfatación	3	NIT	Nitración	2	<b>AGUA</b>			W	Agua	N
Fecha De Muestra	20-Abr-22																																															
Id De Muestra	R080-52301-0014																																															
Fecha De Lab	28-Abr-22																																															
Horómetro [Hr]	20893.0																																															
Horas Del Fluido	860.0																																															
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP																																															
Grado Del Fluido	15W-40																																															
Tipo De Fluido																																																
Fluido Cambiado	N																																															
Filtro Cambiado	N																																															
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>																																																
V100	Viscosidad a 100C	13.6																																														
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>																																																
ST	Hollin	1																																														
OXI	Oxidación	1																																														
SUL	Sulfatación	3																																														
NIT	Nitración	2																																														
<b>AGUA</b>																																																
W	Agua	N																																														

<div style="background-color: #FFD700; padding: 2px 5px; text-align: center;"><b>NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS</b></div> <p style="text-align: center; font-size: small;">20-Abr-22</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b></td></tr> <tr><td>Cu</td><td>Cobre</td><td>3</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Hierro</td><td>12</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Cromo</td><td>0</td></tr> <tr><td>Al</td><td>Aluminio</td><td>6</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>Plomo</td><td>0</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>Estaño</td><td>1</td></tr> <tr><td>Si</td><td>Silicio</td><td>5</td></tr> <tr><td>Na</td><td>Sodio</td><td>1</td></tr> <tr><td>K</td><td>Potasio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>Molibdeno</td><td>30</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>Niquel</td><td>2</td></tr> <tr><td>Ag</td><td>Plata</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>Titanio</td><td>0</td></tr> <tr><td>V</td><td>Vanadio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>Manganeso</td><td>0</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>Cadmio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>Calcio</td><td>1845</td></tr> <tr><td>P</td><td>Fosforo</td><td>1277</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>13365</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Magnesio</td><td>1039</td></tr> <tr><td>Ba</td><td>Bario</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>Boro</td><td>0</td></tr> </table>	<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>			Cu	Cobre	3	Fe	Hierro	12	Cr	Cromo	0	Al	Aluminio	6	Pb	Plomo	0	Sn	Estaño	1	Si	Silicio	5	Na	Sodio	1	K	Potasio	0	Mo	Molibdeno	30	Ni	Niquel	2	Ag	Plata	0	Ti	Titanio	0	V	Vanadio	0	Mn	Manganeso	0	Cd	Cadmio	0	Ca	Calcio	1845	P	Fosforo	1277	Zn	Zinc	13365	Mg	Magnesio	1039	Ba	Bario	0	B	Boro	0	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3"><b>REFRIGERANTE</b></td></tr> <tr><td>A</td><td>Anticongelante</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>COMBUSTIBLE</b></td></tr> <tr><td>F</td><td>Combustible</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>LIMPIEZA</b></td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center; font-size: small;">20-Abr-22</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>ÍNDICE PQ</b></td></tr> <tr><td>PQI</td><td>Índice de Quantific</td><td>14</td></tr> </table>	<b>REFRIGERANTE</b>			A	Anticongelante	N	<b>COMBUSTIBLE</b>			F	Combustible	N	<b>LIMPIEZA</b>			20-Abr-22			<b>ÍNDICE PQ</b>			PQI	Índice de Quantific	14
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>																																																																																														
Cu	Cobre	3																																																																																												
Fe	Hierro	12																																																																																												
Cr	Cromo	0																																																																																												
Al	Aluminio	6																																																																																												
Pb	Plomo	0																																																																																												
Sn	Estaño	1																																																																																												
Si	Silicio	5																																																																																												
Na	Sodio	1																																																																																												
K	Potasio	0																																																																																												
Mo	Molibdeno	30																																																																																												
Ni	Niquel	2																																																																																												
Ag	Plata	0																																																																																												
Ti	Titanio	0																																																																																												
V	Vanadio	0																																																																																												
Mn	Manganeso	0																																																																																												
Cd	Cadmio	0																																																																																												
Ca	Calcio	1845																																																																																												
P	Fosforo	1277																																																																																												
Zn	Zinc	13365																																																																																												
Mg	Magnesio	1039																																																																																												
Ba	Bario	0																																																																																												
B	Boro	0																																																																																												
<b>REFRIGERANTE</b>																																																																																														
A	Anticongelante	N																																																																																												
<b>COMBUSTIBLE</b>																																																																																														
F	Combustible	N																																																																																												
<b>LIMPIEZA</b>																																																																																														
20-Abr-22																																																																																														
<b>ÍNDICE PQ</b>																																																																																														
PQI	Índice de Quantific	14																																																																																												

# ANEXO 10: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52401-0011



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU

6264502, 6264516 6264503

Teléfono: 6264517

Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

**MOTOR**

R080-52262-0027

N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ  
500055956

Fecha De Toma De Muestra: 30-Abr-22

**FERREYROS CUZCO**

CUZCO - AGRICOLA

Localización MINERA TINTAYA

Fecha recepción de muestra 09-May-22

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU31231

MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI

**Seguimiento**



CAMION FURGON, Presencia de Particulas Ferrosas dentro de parametros permitibles. Evaluar condiciones de operacion del equipo, Verificar filtro de Aceite, Refrigerantes y Temperatura del motor.

continuar muestreo para identificar tendencias de indice PQ

Interpretado por **Hubert Chacon**

Fecha de Interpretación **10-May-22**

## INFORMACIÓN DE MUESTRA

Fecha De Muestra	30-Abr-22
Id De Muestra	R080-52401-0011
Fecha De Lab	09-May-22
Horómetro [Hr]	21768.0
Horas Del Fluido	875.0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

30-Abr-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	12.9
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	3
OXI	Oxidación	4
SUL	Sulfatación	9
NIT	Nitración	2
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

30-Abr-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	11
Fe	Hierro	21
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	10
Pb	Plomo	0
Sn	Estañó	1
Si	Silicio	7
Na	Sodio	1
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	35
Ni	Niquel	5
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1656
P	Fosforo	1256
Zn	Zinc	1295
Mg	Magnesio	958
Ba	Bario	0
B	Boro	0

<b>REFRIGERANTE</b>		
A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

## LIMPIEZA


30-Abr-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	20

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este comportamiento o equipo.

Informe de Análisis de Aceite PÁGINA 1 of 2



# ANEXO 11: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-63212-0015



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-62262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500056012 Fecha De Torna De Muestra: 06-May-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 14-May-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU31231 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <p style="text-align: center;"> <b>Seguimiento</b></p> <p>¡CAMION FURGON, Indices PQ elevados. Presencia de elementos ferromagneticos, presencia de partículas ferrosas. Evaluar condiciones de pperacion del Equipo, verificar filtros de Aceite, niveles de Refrigerante, sobrepeso de Operación. continuar con muestreo para evaluar niveles de incremento de PQ.</p>	<p style="text-align: right;">Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>16-May-22</b></p>
---	--	--

## INFORMACIÓN DE MUESTRA

	Para historial de muestras adicional, ir a <a href="http://my.cat.com">my.cat.com</a>
Fecha De Muestra	06-May-22
Id De Muestra	R080-63212-0015
Fecha De Lab.	14-May-22
Horómetro [Hr]	22654,0
Horas Del Fluido	886,0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

06-May-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	11.9
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	5
OXI	Oxidación	5
SUL	Sulfatación	15
NIT	Nitración	3

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

06-May-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	12
Fe	Hierro	22
Cr	Cromo	1
Al	Aluminio	11
Pb	Plomo	1
Sn	Estaño	2
Si	Silicio	7
Na	Sodio	1
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	38
Ni	Niquel	6
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1588
P	Fosforo	1218
Zn	Zinc	1256
Mg	Magnesio	906
Ba	Bario	1
B	Boro	0

## AGUA

W	Agua	N
---	------	---

## REFRIGERANTE

A	Anticongelante	N
---	----------------	---


## COMBUSTIBLE

F	Combustible	N
---	-------------	---

## LIMPIEZA

06-May-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	29

## ANEXO 12: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-71221-0005

	FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU
	6264502, 6264516 6264503
	Teléfono: 6264517
	Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

### MOTOR

R080-52262-0027  
N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ  
500056096  
Fecha De Toma De Muestra: 16-May-22  
**FERREYROS CUZCO**  
CUZCO - AGRICOLA  
Localización MINERA TINTAYA  
Fecha recepción de muestra 27-May-22

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU31231

MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI

NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU31231



Seguimiento

Interpretado por Hubert Chacon

Fecha de Interpretación 28-May-22

¡CAMION FURGON, Indices PQ elevados. Presencia de elementos ferromagnéticos, presencia de partículas ferrosas. Evaluar condiciones de operación del Equipo, verificar filtros de Aceite, niveles de Refrigerante, sobrepeso de Operación.  
continuar con muestreo para evaluar niveles de incremento de PQ.

### INFORMACIÓN DE MUESTRA

Fecha De Muestra	16-May-22
Id De Muestra	R080-71221-0005
Fecha De Lab	27-May-22
Horómetro [Hr]	23508.0
Horas Del Fluido	854.0
Marca Del Fluido	CASTROL
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

### CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

16-May-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	11.3
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	5
OXI	Oxidación	8
SUL	Sulfatación	10
NIT	Nitración	7
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

### NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

16-May-22

<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	22
Fe	Hierro	28
Cr	Cromo	1
Al	Aluminio	12
Pb	Plomo	1
Sn	Estañó	2
Si	Silicio	8
Na	Sodio	2
K	Potasio	40
Mo	Molibdeno	8
Ni	Niquel	0
Ag	Plata	1
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1455
P	Fosforo	1196
Zn	Zinc	1215
Mg	Magnesio	864
Ba	Bario	1
B	Boro	0

<b>REFRIGERANTE</b>		
A	Anticongelante	N

<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

### LIMPIEZA


16-May-22

<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	32

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este comportamiento o equipo.

Informe de Análisis de Aceite PÁGINA 1 of 2

# ANEXO 13: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-73428-0111




FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-62262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500057290 Fecha De Toma De Muestra: 25-May-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 07-Jun-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU31231 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, PQ indicara niveles altos de partículas ferrosas, elementos metalicos de desgaste de elementos internos del motor, evaluar mantenimientos periodicos de aceite de motor, Operacion del equipo así como revisar Temperaturas de motor y sobre cargas de operacion. seguir muestreo para desarrollar tendencial del PQ</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU31231</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>08-Jun-22</b></p>
--	---	---

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

		
Fecha De Muestra	25-May-22	
Id De Muestra	R080-73428-0111	
Fecha De Lab.	07 Jun-22	
Horómetro (Hr)	24362.0	
Horas Del Fluido	854.0	
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP	
Grado Del Fluido	15W-40	
Tipo De Fluido		
Fluido Cambiado	N	
Filtro Cambiado	N	

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

25-May-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	11.1
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	7
OXI	Oxidación	11
SUL	Sulfatación	29
NIT	Nitración	10
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**


25-May-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	22
Fe	Hierro	45
Cr	Cromo	2
Al	Aluminio	14
Pb	Plomo	1
Sn	Estaño	2
Si	Silicio	8
Na	Sodio	2
K	Potasio	1
Mo	Molibdeno	45
Ni	Niquel	8
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	1
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1305
P	Fosforo	1155
Zn	Zinc	1206
Mg	Magnesio	848
Ba	Bario	1
B	Boro	1

<b>REFRIGERANTE</b>		
A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

**LIMPIEZA**

25-May-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	37

# ANEXO 14: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-52262-0027



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500055724 Fecha De Toma De Muestra: 06-Abr-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 15-Abr-22.</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU22234 <b>MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</b></p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, no presenta partículas ni componentes de desgaste, Niveles de Pureza de Aceite Óptimos, Viscosidad Óptima Revisar recorrido y Uso de Operación de Aceite de Motor.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU22234</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>16-Abr-22</b></p>
---	--	---

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

		
Fecha De Muestra	06-Abr-22	
Id De Muestra	R080-52262-0027	
Fecha De Lab.	15-Abr-22	
Horómetro [Hr]	15050,0	
Horas Del Fluido	0	
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP	
Grado Del Fluido	15W-40	
Tipo De Fluido		
Fluido Cambiado	N	
Filtro Cambiado	N	

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

06-Abr-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	14.10
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	0
OXI	Oxidación	0
SUL	Sulfatación	0,78
NIT	Nitración	0
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

06-Abr-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	1
Fe	Hierro	3
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	2
Pb	Plomo	2
Sn	Estaño	1
Si	Silicio	2
Na	Sodio	1
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	30
Ni	Níquel	1
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	2000
P	Fósforo	1300
Zn	Zinc	1400
Mg	Magnesio	1100
Ba	Bario	0
B	Boro	0


**REFRIGERANTE**

A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

**LIMPIEZA**

06-Abr-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	0

# ANEXO 15: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-78201-0300

	FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU
	6264502, 6264516 6264503
	Teléfono: 6264517
	Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

## MOTOR

R080-52262-0027  
 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ  
 500057832  
 Fecha De Toma De Muestra: 17-Jun-22  
**FERREYROS CUZCO**  
 CUZCO - AGRICOLA  
 Localización MINERA TINTAYA  
 Fecha recepción de muestra 24-Jun-22

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU44202

NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU44202

MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI



Seguimiento

Interpretado por Hubert Chacon

Fecha de Interpretación 25-Jun-22

CAMION FURGON, PQ indica presencia de partículas ferrosas. Evaluar condiciones de Operación del Equipo, Revisar Temperaturas en motor y niveles de Refrigerante, Evaluar sobrecargas de Operación, Verificar Filtros con posibles presencias de partículas. Seguir muestreando para desarrollar tendencias de PQ.

## INFORMACIÓN DE MUESTRA

Fecha De Muestra 17-Jun-22  
 Id De Muestra R080-78201-0300  
 Fecha De Lab 24-Jun-22  
 Horómetro [Hr] 21051.0  
 Horas Del Fluido 1002.0  
 Marca Del Fluido MOBIL DELVAC MX ESP  
 Grado Del Fluido 15W-40  
 Tipo De Fluido  
 Fluido Cambiado N  
 Filtro Cambiado N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.oil.com](http://my.oil.com)

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

### VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445

V100 Viscosidad a 100C 13.9

### INFRARROJO (UFM) ASTM E2412

ST Hollin 2  
 OXI Oxidación 1  
 SUL Sulfatación 6  
 NIT Nitración 3

### AGUA

W Agua N

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

17-Jun-22

### ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)

Cu	Cobre	2
Fe	Hierro	15
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	4
Pb	Plomo	0
Sn	Estaño	0
Si	Silicio	6
Na	Sodio	2
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	33
Ni	Niquel	3
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1966
P	Fosforo	1285
Zn	Zinc	1368
Mg	Magnesio	1055
Ba	Bario	0
B	Boro	0

### REFRIGERANTE

A Anticongelante N

### COMBUSTIBLE

F Combustible N

## LIMPIEZA

17-Jun-22


### ÍNDICE PQ

PQI Índice de Quantific 15

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este comportamiento o equipo.

Informe de Análisis de Aceite PÁGINA 1 of 2

# ANEXO 16: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-81512-1012



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 875 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-82262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO. CUZ 500057901 Fecha De Toma De Muestra: 27-Jun-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 07-Jul-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU44202 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, presencia de partículas ferrosas dentro de parámetros aceptables, evaluar desgaste de elementos ferrosos en el filtro de aceite (cambiar), Verificar condiciones de Operación del Equipo. continuar con el muestreo para evaluar índices de PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU44202</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>08-Jul-22</b></p>
--	--	---

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

		
Fecha De Muestra		27-Jun-22
Id De Muestra		R080-81512-1012
Fecha De Lab.		07-Jul-22
Horómetro [Hr]		22086.0
Horas Del Fluido		1015.0
Marca Del Fluido		MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido		15W-40
Tipo De Fluido		
Fluido Cambiado	N	
Filtro Cambiado	N	

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

27-Jun-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	12.8
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	3
OXI	Oxidación	4
SUL	Sulfatación	13
NIT	Nitración	7
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

27-Jun-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	16
Fe	Hierro	22
Cr	Cromo	2
Al	Aluminio	11
Pb	Plomo	1
Sn	Estaño	0
Si	Silicio	9
Na	Sodio	2
K	Potasio	1
Mo	Molibdeno	30
Ni	Níquel	5
Ag	Plata	1
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	1
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1808
P	Fósforo	1236
Zn	Zinc	1243
Mg	Magnesio	954
Ba	Bario	0
B	Boro	1


**REFRIGERANTE**

A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

**LIMPIEZA**

27-Jun-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	19

# ANEXO 17: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-71243-1105



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500058051 Fecha De Toma De Muestra: 27-Jun-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 09-Jul-22.</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU44202 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CÁMION FURGON, presencia elevada de PQ, indica partículas ferrosas en aceite de motor. Evaluar condiciones de operación del equipo. Revisar temperatura de motor y de refrigerante. Seguir muestreando para el desarrollo de tendencias de PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU44202</p> <p>Interpretado por Hubert Chacon Fecha de Interpretación 11-Jul-22</p>
---	--	---


<p style="text-align: center;"><b>INFORMACIÓN DE MUESTRA</b></p> <p style="text-align: center;">27-Jun-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Fecha De Muestra</td><td>27-Jun-22</td></tr> <tr><td>Id De Muestra</td><td>R080-71243-1105</td></tr> <tr><td>Fecha De Lab</td><td>09-Jul-22</td></tr> <tr><td>Horómetro [Hr]</td><td>23105.0</td></tr> <tr><td>Horas Del Fluido</td><td>1019.0</td></tr> <tr><td>Marca Del Fluido</td><td>MOBIL DELVAC MX ESP</td></tr> <tr><td>Grado Del Fluido</td><td>15W/40</td></tr> <tr><td>Tipo De Fluido</td><td></td></tr> <tr><td>Fluido Cambiado</td><td>N</td></tr> <tr><td>Filtro Cambiado</td><td>N</td></tr> </table>	Fecha De Muestra	27-Jun-22	Id De Muestra	R080-71243-1105	Fecha De Lab	09-Jul-22	Horómetro [Hr]	23105.0	Horas Del Fluido	1019.0	Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP	Grado Del Fluido	15W/40	Tipo De Fluido		Fluido Cambiado	N	Filtro Cambiado	N	<p style="text-align: center;"><b>CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN</b></p> <p style="text-align: center;">27-Jun-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b></td></tr> <tr><td>V100</td><td>Viscosidad a 100C</td><td>12.8</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b></td></tr> <tr><td>ST</td><td>Hollin</td><td>3</td></tr> <tr><td>OXI</td><td>Oxidación</td><td>4</td></tr> <tr><td>SUL</td><td>Sulfatación</td><td>13</td></tr> <tr><td>NIT</td><td>Nitración</td><td>7</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>AGUA</b></td></tr> <tr><td>W</td><td>Agua</td><td>N</td></tr> </table>	<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>			V100	Viscosidad a 100C	12.8	<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>			ST	Hollin	3	OXI	Oxidación	4	SUL	Sulfatación	13	NIT	Nitración	7	<b>AGUA</b>			W	Agua	N
Fecha De Muestra	27-Jun-22																																															
Id De Muestra	R080-71243-1105																																															
Fecha De Lab	09-Jul-22																																															
Horómetro [Hr]	23105.0																																															
Horas Del Fluido	1019.0																																															
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP																																															
Grado Del Fluido	15W/40																																															
Tipo De Fluido																																																
Fluido Cambiado	N																																															
Filtro Cambiado	N																																															
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>																																																
V100	Viscosidad a 100C	12.8																																														
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>																																																
ST	Hollin	3																																														
OXI	Oxidación	4																																														
SUL	Sulfatación	13																																														
NIT	Nitración	7																																														
<b>AGUA</b>																																																
W	Agua	N																																														

<p style="text-align: center;"><b>NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS</b></p> <p style="text-align: center;">27-Jun-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b></td></tr> <tr><td>Cu</td><td>Cobre</td><td>16</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Hierro</td><td>22</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Cromo</td><td>2</td></tr> <tr><td>Al</td><td>Aluminio</td><td>11</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>Plomo</td><td>1</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>Estaño</td><td>0</td></tr> <tr><td>Si</td><td>Silicio</td><td>9</td></tr> <tr><td>Na</td><td>Sodio</td><td>2</td></tr> <tr><td>K</td><td>Potasio</td><td>1</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>Moibdeno</td><td>40</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>Niquel</td><td>5</td></tr> <tr><td>Ag</td><td>Plata</td><td>1</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>Titanio</td><td>0</td></tr> <tr><td>V</td><td>Vanadio</td><td>1</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>Manganeso</td><td>0</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>Cadmio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>Calcio</td><td>1808</td></tr> <tr><td>P</td><td>Fosforo</td><td>1236</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>1243</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Magnesio</td><td>954</td></tr> <tr><td>Ba</td><td>Bario</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>Boro</td><td>1</td></tr> </table>	<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>			Cu	Cobre	16	Fe	Hierro	22	Cr	Cromo	2	Al	Aluminio	11	Pb	Plomo	1	Sn	Estaño	0	Si	Silicio	9	Na	Sodio	2	K	Potasio	1	Mo	Moibdeno	40	Ni	Niquel	5	Ag	Plata	1	Ti	Titanio	0	V	Vanadio	1	Mn	Manganeso	0	Cd	Cadmio	0	Ca	Calcio	1808	P	Fosforo	1236	Zn	Zinc	1243	Mg	Magnesio	954	Ba	Bario	0	B	Boro	1	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>REFRIGERANTE</b></td></tr> <tr><td>A</td><td>Anticongelante</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>COMBUSTIBLE</b></td></tr> <tr><td>F</td><td>Combustible</td><td>N</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>LIMPIEZA</b></td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">27-Jun-22</td></tr> <tr><td colspan="3"><b>ÍNDICE PQ</b></td></tr> <tr><td>PQI</td><td>Índice de Quantific</td><td>25</td></tr> </table>	<b>REFRIGERANTE</b>			A	Anticongelante	N	<b>COMBUSTIBLE</b>			F	Combustible	N	<b>LIMPIEZA</b>			27-Jun-22			<b>ÍNDICE PQ</b>			PQI	Índice de Quantific	25
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>																																																																																														
Cu	Cobre	16																																																																																												
Fe	Hierro	22																																																																																												
Cr	Cromo	2																																																																																												
Al	Aluminio	11																																																																																												
Pb	Plomo	1																																																																																												
Sn	Estaño	0																																																																																												
Si	Silicio	9																																																																																												
Na	Sodio	2																																																																																												
K	Potasio	1																																																																																												
Mo	Moibdeno	40																																																																																												
Ni	Niquel	5																																																																																												
Ag	Plata	1																																																																																												
Ti	Titanio	0																																																																																												
V	Vanadio	1																																																																																												
Mn	Manganeso	0																																																																																												
Cd	Cadmio	0																																																																																												
Ca	Calcio	1808																																																																																												
P	Fosforo	1236																																																																																												
Zn	Zinc	1243																																																																																												
Mg	Magnesio	954																																																																																												
Ba	Bario	0																																																																																												
B	Boro	1																																																																																												
<b>REFRIGERANTE</b>																																																																																														
A	Anticongelante	N																																																																																												
<b>COMBUSTIBLE</b>																																																																																														
F	Combustible	N																																																																																												
<b>LIMPIEZA</b>																																																																																														
27-Jun-22																																																																																														
<b>ÍNDICE PQ</b>																																																																																														
PQI	Índice de Quantific	25																																																																																												

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este compartimento o equipo.

Informe de Análisis de Aceite PÁGINA 1 of 2

# ANEXO 18: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-75521-1212



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 875 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO. CUZ 500058215 Fecha De Torna De Muestra: 07-Jul-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 14-Jul-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU44202 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, presencia de partículas ferrosas dentro de parámetros. Evaluar condiciones de operación de equipo. Verificar Temperatura de motor y niveles de refrigerante. Continuar con muestreo para verificar niveles de PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU44202</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>15-Jul-22</b></p>
---	--	---

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

INFORMACIÓN DE MUESTRA	
Fecha De Muestra	07-Jul-22
Id De Muestra	R080-75521-1212
Fecha De Lab.	14-Jul-22
Horómetro [Hr]	24090.0
Horas Del Fluido	985.0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN		
07-Jul-22		
VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445		
V100	Viscosidad a 100C	11.9
INFRARROJO (UFM) ASTM E2412		
ST	Hollin	7
OXI	Oxidación	5
SUL	Sulfatación	15
NIT	Nitración	9
AGUA		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)		
Cu	Cobre	18
Fe	Hierro	39
Cr	Cromo	2
Al	Aluminio	14
Pb	Plomo	1
Sn	Estaño	1
Si	Silicio	9
Na	Sodio	2
K	Potasio	1
Mo	Molibdeno	45
Ni	Niquel	6
Ag	Plata	1
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	1
Mn	Manganeso	1
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	1755
P	Fosforo	1203
Zn	Zinc	1204
Mg	Magnesio	915
Ba	Bario	0
B	Boro	2


REFRIGERANTE		
A	Anticongelante	N
COMBUSTIBLE		
F	Combustible	N

**LIMPIEZA**

ÍNDICE PQ		
PQI	Índice de Quantific	29




# ANEXO 19: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R080-71112-1123



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 875 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-62262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ 500058293 Fecha De Toma De Muestra: 17-Jul-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 23-Jul-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU44202 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">  <p><b>Seguimiento</b></p> </div> <p>¡CAMION FURGON, PQ indica presencia de partículas ferrosas, Evaluar condiciones de operación del equipo, Revisar Temperaturas del motor, Evaluar sobrecargas de operación Cambiar filtros y Verificar posible presencia de partículas ferrosas. Seguir evaluando muestreos para desarrollar tendencias del PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU44202</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>25-Jul-22</b></p>
--	---	---

## INFORMACIÓN DE MUESTRA

	
Fecha De Muestra	17-Jul-22
Id De Muestra	R080-71122-1123
Fecha De Lab	23-Jul-22
Horómetro [Hr]	25094.0
Horas Del Fluido	1004.0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC MX ESP
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

17-Jul-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	11.1
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	7
OXI	Oxidación	8
SUL	Sulfatación	25
NIT	Nitración	13
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS


17-Jul-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	21
Fe	Hierro	49
Cr	Cromo	2
Al	Aluminio	15
Pb	Plomo	1
Sn	Estaño	1
Si	Silicio	9
Na	Sodio	3
K	Potasio	1
Mo	Molibdeno	50
Ni	Níquel	8
Ag	Plata	1
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	1
Mn	Manganeso	1
Cd	Cadmio	1
Ca	Calcio	1489
P	Fósforo	1178
Zn	Zinc	1196
Mg	Magnesio	884
Ba	Bario	1
B	Boro	2

<b>REFRIGERANTE</b>		
A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

## LIMPIEZA

17-Jul-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	39

# ANEXO 20: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R090-1101-0002




FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R060-62262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO. CUZ 500057642 Fecha De Toma De Muestra: 18-Jul-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 24-Jul-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU32110 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, No presenta partículas ferrosas. Índice PQ cero. Verificar ciclos de mantenimiento del equipo. Seguir muestreando para desarrollar tendencias de PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU32110</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación 25-Jul-22</p>
--	---	--

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

[Para historial de muestras adicional, ir a my.cat.com](#)

		
Fecha De Muestra	18-Jul-22	
Id De Muestra	R090-1101-0002	
Fecha De Lab.	24-Jul-22	
Horómetro [Hr]	25094.0	
Horas Del Fluido	0	
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC EXTREME	
Grado Del Fluido	15W 40	
Tipo De Fluido		
Fluido Cambiado	N	
Filtro Cambiado	N	

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

18-Jul-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	14.3
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	0
OXI	Oxidación	0
SUL	Sulfatación	0
NIT	Nitración	0
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**


18-Jul-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	0
Fe	Hierro	0
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	0
Pb	Plomo	0
Sn	Estaño	0
Si	Silicio	0
Na	Sodio	0
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	80
Ni	Níquel	0
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	3500
P	Fósforo	1600
Zn	Zinc	1900
Mg	Magnesio	1600
Ba	Bario	0
B	Boro	0

<b>REFRIGERANTE</b>		
A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

**LIMPIEZA**

18-Jul-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	0

# ANEXO 21: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R090-41621-0001



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R060-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO, CUZ 5000057693 Fecha De Toma De Muestra: 28-Jul-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 09-Ago-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU32110 MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</p> <div style="text-align: center;">   <b>Seguimiento</b> </div> <p>¡CAMION FURGON, Indices aceptables de PQ, No presenta elementos ferrosos de desgaste. Verificar condiciones de uso y operación. Verificar posible presencia de partículas ferrosas. Seguir muestreando para desarrollar tendencias de PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU32110</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>10-Ago-22</b></p>
---	--	---

## INFORMACIÓN DE MUESTRA


<p style="text-align: center;"></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Fecha De Muestra</td><td>28-Jul-22</td></tr> <tr><td>Id De Muestra</td><td>R090-41621-0001</td></tr> <tr><td>Fecha De Lab.</td><td>09-Ago-22</td></tr> <tr><td>Horómetro [Hr]</td><td>26162.0</td></tr> <tr><td>Horas Del Fluido</td><td>1068.0</td></tr> <tr><td>Marca Del Fluido</td><td>MOBIL DELVAC EXTREME</td></tr> <tr><td>Grado Del Fluido</td><td>15W 40</td></tr> <tr><td>Tipo De Fluido</td><td></td></tr> <tr><td>Fluido Cambiado</td><td>N</td></tr> <tr><td>Filtro Cambiado</td><td>N</td></tr> </table>	Fecha De Muestra	28-Jul-22	Id De Muestra	R090-41621-0001	Fecha De Lab.	09-Ago-22	Horómetro [Hr]	26162.0	Horas Del Fluido	1068.0	Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC EXTREME	Grado Del Fluido	15W 40	Tipo De Fluido		Fluido Cambiado	N	Filtro Cambiado	N	<p style="text-align: right;">Para historial de muestras adicional, ir a <a href="http://my.cat.com">my.cat.com</a></p> <h3 style="background-color: #FFD700; padding: 2px; text-align: center;">CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN</h3> <p style="text-align: center;">28-Jul-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b></td></tr> <tr><td>V100</td><td>Viscosidad a 100C</td><td>14,2</td></tr> </table> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b></td></tr> <tr><td>ST</td><td>Hollin</td><td>1</td></tr> <tr><td>OXI</td><td>Oxidación</td><td>0</td></tr> <tr><td>SUL</td><td>Sulfatación</td><td>2</td></tr> <tr><td>NIT</td><td>Nitración</td><td>2</td></tr> </table> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>AGUA</b></td></tr> <tr><td>W</td><td>Agua</td><td>N</td></tr> </table>	<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>			V100	Viscosidad a 100C	14,2	<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>			ST	Hollin	1	OXI	Oxidación	0	SUL	Sulfatación	2	NIT	Nitración	2	<b>AGUA</b>			W	Agua	N
Fecha De Muestra	28-Jul-22																																															
Id De Muestra	R090-41621-0001																																															
Fecha De Lab.	09-Ago-22																																															
Horómetro [Hr]	26162.0																																															
Horas Del Fluido	1068.0																																															
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC EXTREME																																															
Grado Del Fluido	15W 40																																															
Tipo De Fluido																																																
Fluido Cambiado	N																																															
Filtro Cambiado	N																																															
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>																																																
V100	Viscosidad a 100C	14,2																																														
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>																																																
ST	Hollin	1																																														
OXI	Oxidación	0																																														
SUL	Sulfatación	2																																														
NIT	Nitración	2																																														
<b>AGUA</b>																																																
W	Agua	N																																														

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

<p style="text-align: center;">28-Jul-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b></td></tr> <tr><td>Cu</td><td>Cobre</td><td>2</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Hierro</td><td>9</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Cromo</td><td>0</td></tr> <tr><td>Al</td><td>Aluminio</td><td>3</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>Plomo</td><td>0</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>Estaño</td><td>0</td></tr> <tr><td>Si</td><td>Silicio</td><td>3</td></tr> <tr><td>Na</td><td>Sodio</td><td>3</td></tr> <tr><td>K</td><td>Potasio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>Molibdeno</td><td>88</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>Niquel</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ag</td><td>Plata</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>Titanio</td><td>0</td></tr> <tr><td>V</td><td>Vanadio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>Manganeso</td><td>0</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>Cadmio</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>Calcio</td><td>3455</td></tr> <tr><td>P</td><td>Fosforo</td><td>1544</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>1844</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>Magnesio</td><td>1577</td></tr> <tr><td>Ba</td><td>Bario</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>Boro</td><td>0</td></tr> </table>	<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>			Cu	Cobre	2	Fe	Hierro	9	Cr	Cromo	0	Al	Aluminio	3	Pb	Plomo	0	Sn	Estaño	0	Si	Silicio	3	Na	Sodio	3	K	Potasio	0	Mo	Molibdeno	88	Ni	Niquel	0	Ag	Plata	0	Ti	Titanio	0	V	Vanadio	0	Mn	Manganeso	0	Cd	Cadmio	0	Ca	Calcio	3455	P	Fosforo	1544	Zn	Zinc	1844	Mg	Magnesio	1577	Ba	Bario	0	B	Boro	0	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>REFRIGERANTE</b></td></tr> <tr><td>A</td><td>Anticongelante</td><td>N</td></tr> </table> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>COMBUSTIBLE</b></td></tr> <tr><td>F</td><td>Combustible</td><td>N</td></tr> </table> <h3 style="background-color: #FFD700; padding: 2px; text-align: center;">LIMPIEZA</h3> <p style="text-align: center;">28-Jul-22</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="3"><b>ÍNDICE PQ</b></td></tr> <tr><td>PQI</td><td>Índice de Quantific</td><td>12</td></tr> </table>	<b>REFRIGERANTE</b>			A	Anticongelante	N	<b>COMBUSTIBLE</b>			F	Combustible	N	<b>ÍNDICE PQ</b>			PQI	Índice de Quantific	12
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>																																																																																								
Cu	Cobre	2																																																																																						
Fe	Hierro	9																																																																																						
Cr	Cromo	0																																																																																						
Al	Aluminio	3																																																																																						
Pb	Plomo	0																																																																																						
Sn	Estaño	0																																																																																						
Si	Silicio	3																																																																																						
Na	Sodio	3																																																																																						
K	Potasio	0																																																																																						
Mo	Molibdeno	88																																																																																						
Ni	Niquel	0																																																																																						
Ag	Plata	0																																																																																						
Ti	Titanio	0																																																																																						
V	Vanadio	0																																																																																						
Mn	Manganeso	0																																																																																						
Cd	Cadmio	0																																																																																						
Ca	Calcio	3455																																																																																						
P	Fosforo	1544																																																																																						
Zn	Zinc	1844																																																																																						
Mg	Magnesio	1577																																																																																						
Ba	Bario	0																																																																																						
B	Boro	0																																																																																						
<b>REFRIGERANTE</b>																																																																																								
A	Anticongelante	N																																																																																						
<b>COMBUSTIBLE</b>																																																																																								
F	Combustible	N																																																																																						
<b>ÍNDICE PQ</b>																																																																																								
PQI	Índice de Quantific	12																																																																																						

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este compartimento o equipo.


# ANEXO 22: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R090-32331-0011



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

<p><b>MOTOR</b></p> <p>R080-52262-0027 N° ORDEN DE TRABAJO, CUZ 500057744 Fecha De Toma De Muestra: 07-Ago-22 <b>FERREYROS CUZCO</b> CUZCO - AGRICOLA Localización MINERA TINTAYA Fecha recepción de muestra 11- Ago-22</p>	<p>NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU32110 <b>MITSUBISHI CANTER_MITSUBISHI</b>  Seguimiento</p> <p>¡CAMION FURGON, Indices de PQ dentro de los parametros, no presenta elementos ferreos, Verificar filtros de aceite de motor. Seguir muestreando para desarrollar tendencias de PQ.</p>	<p>NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU32110</p> <p>Interpretado por <b>Hubert Chacon</b> Fecha de Interpretación <b>12-Ago-22</b></p>
---	---	---

## INFORMACIÓN DE MUESTRA

	
Fecha De Muestra	07-Ago-22
Id De Muestra	R090-32331-0011
Fecha De Lab.	11-Ago-22
Horómetro [Hr]	27185.0
Horas Del Fluido	1023.0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC EXTREME
Grado Del Fluido	15W 40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

07-Ago-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	14
<b>INFRARROJO (IFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	1
OXI	Oxidación	2
SUL	Sulfatación	4
NIT	Nitración	3
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

07-Ago-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	4
Fe	Hierro	12
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	4
Pb	Plomo	0
Sn	Estaño	0
Si	Silicio	3
Na	Sodio	3
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	90
Ni	Niquel	1
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	3200
P	Fosforo	1527
Zn	Zinc	1611
Mg	Magnesio	1685
Ba	Bario	0
B	Boro	0

<b>REFRIGERANTE</b>		
A	Anticongelante	N
<b>COMBUSTIBLE</b>		
F	Combustible	N

## LIMPIEZA

07-Ago-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	15

# ANEXO 23: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R090-42621-1012



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

## MOTOR

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU32110

NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU32110

MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI



Seguimiento

Interpretado por Hubert Chacon

Fecha de Interpretación 23-Ago-22

R080-52262-0027

N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ

500057809

Fecha De Toma De Muestra: 17-Ago-22

FERREYROS CUZCO

CUZCO - AGRICOLA

Localización MINERA TINTAYA

Fecha recepción de muestra 22-

Ago-22

CAMION FURGON, Indices de PQ dentro de los parametros, no presenta elementos ferrosos, Verificar filtros de aceite de motor.  
Seguir muestreando para desarrollar tendencias de PQ.

## INFORMACIÓN DE MUESTRA



Fecha De Muestra	17-Ago-22
Id De Muestra	R090-42621-1012
Fecha De Lab	22-Ago-22
Horómetro [Hr]	28144.0
Horas Del Fluido	959.0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC EXTREME
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

Para historial de muestras adicional, ir a

[my.cat.com](http://my.cat.com)

## CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN

17-Ago-22

### VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445

V100 Viscosidad a 100C 13.8

### INFRARROJO (UFM) ASTM E2412

ST	Hollin	2
OXI	Oxidación	3
SUL	Sulfatación	8
NIT	Nitración	5

### AGUA

W Agua N

## NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS

17-Ago-22

### ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)

Cu	Cobre	6
Fe	Hierro	14
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	5
Pb	Plomo	0
Sn	Estaño	0
Si	Silicio	4
Na	Sodio	3
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	90
Ni	Niquel	1
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	3085
P	Fosforo	1501
Zn	Zinc	1769
Mg	Magnesio	1635
Ba	Bario	0
B	Boro	0

### REFRIGERANTE

A Anticongelante N

### COMBUSTIBLE

F Combustible N

## LIMPIEZA

17-Ago-22


### ÍNDICE PQ

PQI Índice de Quantific 18

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este comportamiento o equipo.

Informe de Análisis de Aceite PÁGINA 1 of 2

# ANEXO 24: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R090-13132-0009



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

**MOTOR**

R080-52282-0027  
N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ  
5000057988  
Fecha De Toma De Muestra: 27-Ago-22  
**FERREYROS CUZCO**  
CUZCO - AGRICOLA  
Localización MINERA TINTAYA  
Fecha recepción de muestra 03-Set-22.

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU32110  
MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI



**Seguimiento**

DAMION FURGON, índices de PQ Tolerables, poca presencia de partículas ferrosas; Revisar condiciones de operación del equipo y planes de mantenimiento. Seguir muestreando para desarrollar tendencias de PQ.

Interpretado por Hubert Chacon  
Fecha de Interpretación 05-Set-22

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cat.com](http://my.cat.com)

INFORMACIÓN DE MUESTRA	
Fecha De Muestra	27-Ago-22
Id De Muestra	R090-13132-0009
Fecha De Lab	03-Set-22
Horómetro [Hr]	29232.0
Horas Del Fluido	1088.0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC EXTREME
Grado Del Fluido	15W 40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN		
27-Ago-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	13.7
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	3
OXI	Oxidación	3
SUL	Sulfatación	10
NIT	Nitración	5
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS		
27-Ago-22		
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)</b>		
Cu	Cobre	6
Fe	Hierro	20
Cr	Cromo	0
Al	Aluminio	5
Pb	Plomo	0
Sn	Estaño	0
Si	Silicio	5
Na	Sodio	4
K	Potasio	0
Mo	Molibdeno	90
Ni	Níquel	2
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	0
Ca	Calcio	2833
P	Fósforo	1466
Zn	Zinc	1703
Mg	Magnesio	1562
Ba	Bario	0
B	Boro	0

**REFRIGERANTE**

A	Anticongelante	N
---	----------------	---

**COMBUSTIBLE**

F	Combustible	N
---	-------------	---

**LIMPIEZA**

**ÍNDICE PQ**

27-Ago-22		
PQI	Índice de Quantific	23

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este compartimento o equipo. Informe de Análisis de Aceite PÁGINA 1 of 2

# ANEXO 25: Reporte de análisis de aceite de motor de laboratorio, ID de muestra N° R090-43520-0421



FERREYROS S.A.A. - Laboratorio S.O.S. Análisis de Fluidos Av. Industrial 675 - LIMA - PERU  
6264502, 6264516 6264503  
Teléfono: 6264517  
Web: www.ferreyros.com.pe Email: jose.arana@ferreyros.com.pe

**MOTOR**

R080-52282-0027  
N° ORDEN DE TRABAJO: CUZ  
5000058214  
Fecha De Toma De Muestra: 05-Set-22  
**FERREYROS CUZCO**  
CUZCO - AGRICOLA  
Localización MINERA TINTAYA  
Fecha recepción de muestra 10-  
Set-22.

NUM. EQUIPO: JLBFE85DGKKU32110  
MITSUBISHI CANTER\_MITSUBISHI

NUM. SERIE : JLBFE85DGKKU32110



**Seguimiento**

CAMION FURGON, PQ indicara presencia de particulas aceptables en los parametros; Evaluar condiciones de operacion de equipo; Mantener temperaturas optimas de funcionamiento de motor; Cortar y abrir los filtros de aceite para verificar la posible presencia de particulas ferrosas de desgaste; Seguir muestreando para desarrollar tendencias de PQ.

Interpretado por Hubertt Chacon  
Fecha de Interpretación 12-Set-22

**INFORMACIÓN DE MUESTRA**

Fecha De Muestra	05-Set-22
Id De Muestra	R090-43520-0421
Fecha De Lab	10-Set-22
Horómetro (Hr)	30283.0
Horas Del Fluido	1051.0
Marca Del Fluido	MOBIL DELVAC EXTREME
Grado Del Fluido	15W-40
Tipo De Fluido	
Fluido Cambiado	N
Filtro Cambiado	N

Para historial de muestras adicional, ir a [my.cal.com](http://my.cal.com)

**CONDICIÓN / CONTAMINACIÓN**

05-Set-22		
<b>VISCOSIDAD (CENTISTOKES) ASTM D445</b>		
V100	Viscosidad a 100C	13.5
<b>INFRARROJO (UFM) ASTM E2412</b>		
ST	Hollin	3
OXI	Oxidación	5
SUL	Sulfatación	11
NIT	Nitración	6
<b>AGUA</b>		
W	Agua	N

**NIVELES DE DESGASTE / ADITIVOS**

05-Set-22

ANÁLISIS ELEMENTAL (PPM) ASTM D5185 (PETRÓLEO) / ASTM D6130 (REFRIGERANTE)		
Cu	Cobre	7
Fe	Hierro	21
Cr	Cromo	1
Al	Aluminio	5
Pb	Plomo	1
Sn	Estaño	0
Si	Silicio	6
Na	Sodio	5
K	Potasio	1
Mo	Molibdeno	90
Ni	Níquel	3
Ag	Plata	0
Ti	Titanio	0
V	Vanadio	0
Mn	Manganeso	0
Cd	Cadmio	1
Ca	Calcio	2509
P	Fosforo	1423
Zn	Zinc	1685
Mg	Magnesio	1411
Ba	Bario	0
B	Boro	0

**REFRIGERANTE**

A	Anticongelante	N
---	----------------	---

**COMBUSTIBLE**

F	Combustible	N
---	-------------	---

**LIMPIEZA**

05-Set-22		
<b>ÍNDICE PQ</b>		
PQI	Índice de Quantific	30

Nota: Este análisis es una ayuda en predecir desgaste mecánico. No se garantiza, explícita o implícitamente, contra el fallo de este compartimento o equipo.