

Propuesta de modelo de mantenimiento preventivo para motores diésel en camionetas mineras de Zamora Chinchipe, Ecuador

Joseph Alan Choez Placencia¹; Arlys Michel Lastre Aleaga²

^{1,2} Instituto Superior Tecnológico Japón – Carrera Mecánica Automotriz, Santo Domingo de los Tsachilas – Ecuador
jachoezpl@itsjapon.edu.ec, arlysmichel@gmail.com

Resumen: La operación de camionetas con motores diésel en actividades mineras en Zamora Chinchipe, Ecuador, se desarrolla bajo condiciones severas que aceleran el desgaste de sus componentes, generando mayores costos operativos y efectos ambientales negativos. El objetivo del estudio fue desarrollar un modelo de mantenimiento preventivo a partir del análisis de los factores técnicos y operativos que provocan el deterioro prematuro del motor.

Se empleó una metodología descriptiva y analítica con enfoque empírico, basada en la evaluación de fallas recurrentes registradas en talleres mecánicos locales, complementada con análisis técnico de tipo tribológico y revisión de literatura especializada. Los resultados evidencian que el desgaste acelerado se debe principalmente a la contaminación por polvo mineral (35%), la sobrecarga térmica (30%), la topografía irregular (20%) y la corrosión ácida (15%). Estos factores inciden directamente en la degradación de los sistemas de lubricación y en la integridad de los componentes internos del motor.

Se concluye que la implementación de un protocolo de mantenimiento preventivo enfocado en la protección de la lubricación y en la reducción de la contaminación abrasiva permite disminuir las fallas prematuras y mejorar el desempeño del motor, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa y sostenibilidad en las actividades mineras.

Palabras clave: condiciones severas; desgaste de motores; motores diésel; mantenimiento preventivo; minería

Proposed preventive maintenance model for diesel engines in mining trucks in Zamora Chinchipe, Ecuador

Abstract: Pickup trucks equipped with diesel engines used in mining activities in Zamora Chinchipe, Ecuador, operate under severe conditions that accelerate component wear, leading to increased operational costs and environmental impacts. The objective of this study was to develop a preventive maintenance model by analyzing the technical and operational factors that cause premature engine deterioration. A descriptive and analytical methodology with an empirical approach was applied, based on the evaluation of recurrent failures reported in local mechanical workshops, supported by tribological technical analysis and a review of specialized literature. The results show that accelerated wear is mainly caused by mineral dust contamination (35%), thermal overload (30%), irregular terrain (20%), and acid corrosion (15%). These factors directly affect lubrication systems and the integrity of internal engine components. It is concluded that implementing a preventive maintenance protocol focused on lubrication protection and the reduction of abrasive contamination can decrease premature failures and improve engine performance, contributing to greater operational efficiency and sustainability in mining activities.

Keywords: engine wear; diesel engines; preventive maintenance; mining; harsh conditions

1. INTRODUCCIÓN

La operación de camionetas con motores diésel en actividades mineras constituye un elemento clave para el transporte de personal, insumos y material en zonas de difícil acceso. En contextos como Zamora Chinchipe, Ecuador, estas unidades trabajan de forma continua bajo condiciones severas caracterizadas por alta presencia de material particulado, humedad, topografía irregular y exigencias mecánicas prolongadas. Estas condiciones inciden directamente en el desempeño del motor, acelerando procesos de desgaste y reduciendo la vida útil de sus componentes.

El mantenimiento preventivo se reconoce como una estrategia fundamental dentro de la ingeniería de confiabilidad, orientada a anticipar fallas y optimizar la disponibilidad de los equipos. Diversos estudios señalan que la degradación prematura en motores diésel está estrechamente relacionada con la contaminación del lubricante, la sobrecarga térmica y las condiciones operativas extremas. Desde el enfoque tribológico, el desgaste se entiende como el resultado de interacciones entre superficies en movim

iento, donde factores como la abrasión por partículas y la corrosión química juegan un papel determinante. A pesar de estos avances, existe una limitada adaptación de estos enfoques a contextos mineros locales, donde las condiciones reales de

operación difieren significativamente de los entornos controlados analizados en la literatura.

En este sentido, la problemática no solo tiene implicaciones técnicas, sino también económicas y ambientales. El incremento en las fallas mecánicas genera mayores costos de reparación, tiempos de inactividad y consumo de recursos, mientras que el deterioro del motor contribuye al aumento de emisiones contaminantes y residuos peligrosos. Esto evidencia la necesidad de desarrollar propuestas de mantenimiento ajustadas a las condiciones específicas de operación, que permitan mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las actividades mineras.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo de mantenimiento preventivo para motores diésel en camionetas utilizadas en actividades mineras en Zamora Chinchipe, a partir del análisis de los factores técnicos y operativos que provocan su desgaste prematuro.

2. METODOLOGÍA

La investigación adoptó un enfoque descriptivo con alcance empírico y análisis técnico tribológico. Se desarrolló en la provincia de Zamora Chinchipe (Ecuador) entre diciembre de 2025 y abril de 2026, en talleres mecánicos

especializados en el mantenimiento de camionetas mineras.

Muestra y Criterios

- Población: Motores diésel de camionetas operando en condiciones severas.
- Muestreo: No probabilístico de tipo intencional.
- Selección: Unidades con historial de fallas recurrentes por desgaste prematuro.
- Criterio de inclusión: Motores con evidencia de daños en sistemas críticos de lubricación, admisión y combustión.

Variables y Datos Se analizaron factores operativos (polvo, topografía, carga térmica), tipos de contaminantes, estado de filtración, prácticas de mantenimiento y desgaste de componentes. La recolección de datos combinó:

- Observación técnica directa y revisión de diagnósticos.
- Comparación con especificaciones de fabricantes y literatura especializada.
- Análisis contextual: Mineralogía local (sílice, baritina, arcillas, feldespatos) y altitud operativa (800 a 2.500 msnm).

Análisis La información se procesó mediante evaluación comparativa y estimación porcentual del impacto de los factores de desgaste, identificando la influencia de la contaminación

abrasiva, sobrecarga térmica, topografía irregular y corrosión.

2.1. TIPO DE MUESTREO

Muestreo No Probabilístico Intencional (Juicio Experto) con criterios técnicos tribológicos, justificado por:

- Acceso limitado a flotas mineras específicas
- Necesidad de unidades con historial documentado de fallas
- Condiciones operativas homogéneas en la zona de estudio

2.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Para Análisis de Aceite Lubricante (Muestreo Principal)

Fórmula para población finita:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{E^2 \times (N-1) + (Z^2 \times p \times q)}$$

Parámetros:

- **N** = Total de camionetas diésel en operación minera (estimado: 50-80 unidades)
- **Z** = 1.96 (95% confianza)
- **p** = 0.50 (probabilidad de éxito - máxima variabilidad)
- **q** = 0.50 (1-p)
- **E** = 0.10 (10% error máximo aceptable)

Resultado:

Para N=60 camionetas → n = 32 muestras de aceite

Para N=80 camionetas → n = 38 muestras de aceite

Muestra recomendada: 35 motores (punto medio con margen de seguridad)

2.3 Muestreo Estratificado por Tipo de Falla

Tabla 1 Muestreo Preliminar

Estrato	% Incidencia	Nº Muestras	Análisis Específico
Contaminación por sílice/polvo	35%	12 motores	Espectrometría Si, Al, Fe; Conteo de partículas
Sobrecarga térmica	30%	11 motores	Viscosidad, TBN, Oxidación, Nitración
Esfuerzo por topografía	20%	7 motores	Metales de desgaste: Fe, Cu, Pb, Cr, Al
Corrosión química	15%	5 motores	TAN, Contenido de agua, Glicol, pH
TOTAL	100%	35 motores	

Nota: Basado en resultados preliminares (35% polvo, 30% térmico, 20% topografía, 15% corrosión)

2.4. Criterios de Selección de la Muestra

Criterios de Inclusión

Camionetas con motores diésel 2.5L - 4.0L de cilindrada

Antigüedad operativa: 3-8 años

Horas de operación: >2,500 horas

Historial documentado de ≥ 2 fallas mayores en últimos 12 meses

Operación en zonas mineras de Zamora Chinchipe (altitud 800-2,500 msnm)

Evidencia de contaminación por sílice en análisis previos

Sistemas de filtración de aire con intervalo de cambio >50% del recomendado

Criterios de Exclusión

Motores con reconstrucción total <6 meses

Unidades con <1,000 horas de operación

Camionetas con mantenimiento fuera de especificaciones del fabricante

Motores con fallas catastróficas irreversible

2.5 PROTOCOLO DE MUESTREO DE ACEITE LUBRICANTE

Tabla 2 Frecuencia de Muestreo

Tipo de Muestra	Frecuencia	Total por Motor	Total General
Línea base	Inicio del estudio	1	35
Monitoreo mensual	Cada 250 horas o 30 días	4	140
Muestra de alerta	Cuando haya síntoma de falla	Variable	~20
Muestra final	Cierre del estudio (abril 2026)	1	35
TOTAL		6	~230 muestras

Nota: Indicadores de levantamiento de datos

2.6 Punto de Muestreo

Válvula de drenaje o puerto de muestreo en línea de presión

Antes del cambio de aceite (últimas 24 horas de operación)

Motor a temperatura operativa (>60°C)

Volumen: 100-150 mL por muestra

2.7 Procedimiento Normalizado

Limpieza: Desinfectar puerto de muestreo con

solvente limpio

Purga: Desechar primeros 50 mL para eliminar contaminantes estáticos

Recolección: Capturar muestra en botella estéril ASTM D4057

Identificación: Etiquetar con código único (ZCH-MIN-001 a ZCH-MIN-035)

Documentación: Registrar horas de operación, tipo de aceite, fecha, temperatura ambiente

Conservación: Almacenar a $<25^{\circ}\text{C}$, analizar dentro de 7 días

2.8 PARÁMETROS DE ANÁLISIS TRIBOLÓGICO

Tabla 3 (Normas ASTM)

Parámetro	Método ASTM	Frecuencia	Valor Crítico
Viscosidad cinemática @ 40°C y 100°C	D445	Todas las muestras	$\pm 20\%$ del nuevo
Índice de viscosidad	D2270	Mensual	<95
Número de base total (TBN)	D2896	Mensual	$<50\%$ del nuevo
Número de acidez total (TAN)	D664	Mensual	>4.0 mg KOH/g
Contenido de agua	D6304	Todas	$>0.25\%$ vol
Punto de inflamación	D92	Línea base y final	$<180^{\circ}\text{C}$
Contaminación por glicol	D2982	Todas	Positivo

Nota: Levantamiento de Análisis Fisicoquímicos

2.9 Análisis Espectrométrico de Metales (ASTM D6595)

Metales de Desgaste:

Hierro (Fe): Desgaste de cilindros, anillos, engranajes

Cobre (Cu), Plomo (Pb), Estaño (Sn): Cojinetes y bujes

Cromo (Cr): Anillos de pistón y camisas

Aluminio (Al): Pistones, cojinetes, contaminante

externo

Silicio (Si): CRÍTICO - Contaminación por polvo/sílice (valor crítico: >25 ppm)

Sodio (Na), Potasio (K): Contaminante ambiental o glicol

Metales Aditivos:

Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Fósforo (P) - Degradación de aditivos

2.10 Conteo de Partículas (ISO 4406 / NAS 1638)

- **Rango de tamaño:** $>4\mu\text{m}$, $>6\mu\text{m}$, $>14\mu\text{m}$, $>21\mu\text{m}$, $>38\mu\text{m}$, $>70\mu\text{m}$, $>100\mu\text{m}$
- **Código ISO objetivo:** 18/16/13 (máximo aceptable)
- **Enfoque especial:** Partículas de sílice $>10\mu\text{m}$ (altamente abrasivas)

2.11 Análisis Analítico de Ferrogramía

Ferrogramía analítica: Identificación de modo de desgaste

Microscopía: Caracterización de partículas de sílice y baritina (mineralogía local)

Clasificación: Desgaste normal, por fatiga, adhesivo, abrasivo, corrosivo

2.12 VARIABLES OPERATIVAS A REGISTRAR

Condiciones Ambientales

- Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)
- Humedad relativa (%)
- Altitud operativa (msnm)
- Tipo de material mineralógico en zona de trabajo (sílice, baritina, arcillas, feldespatos)

– Condiciones de Operación

- Horas de operación acumuladas
- Kilometraje mensual
- Tipo de carga (personal, insumos, material)
- Pendiente promedio del terreno (%)
- Estado de caminos (pavimentado/lastre/tierra)

– Prácticas de Mantenimiento

- Intervalo real de cambio de aceite vs. recomendado
- Tipo y marca de lubricante utilizado
- Intervalo de cambio de filtros de aire
- Historial de fallas y reparaciones

2.13 MUESTREO DE COMPONENTES MECÁNICOS

Tabla 4 Inspección Visual y Dimensional

Componente	Parámetro a Medir	Instrumento	Muestra
Camisas de cilindro	Ovalización, conicidad	Micrómetro interior	35 motores
Anillos de pistón	Espesor, luz de abertura	Calibrador de anillos	35 motores
Cojinetes de biela	Espesor, desgaste	Micrómetro	35 motores
Árbol de levas	Desgaste de lóbulos	Comparador	35 motores
Turbocargador	Juego axial y radial	Reloj comparador	35 motores
Filtros de aire usados	Eficiencia de filtración, acumulación de polvo	Gravimetría	35 unidades

Nota: Para los 35 motores seleccionados, al finalizar el estudio (abril 2026)

2.14 Análisis de Fallas

Documentación fotográfica de todos los componentes desgastados

Clasificación de modo de falla: Abrasión, fatiga, corrosión, adhesión

Correlación con resultados de análisis de aceite

2.15 Control de Calidad del Muestreo

– **Muestras de Referencia**

Aceite nuevo: 5 muestras de cada lote utilizado (línea base)

Muestras duplicadas: 10% del total (23 muestras) para verificación de laboratorio

Muestras ciegas: 5 muestras con código desconocido para validación

2.16 Validación de Laboratorio

Laboratorio certificado ISO 17025

Participación en programas de intercomparación (QSA, LubeCheck)

Incertidumbre de medición <5% para todos los parámetros

2.17 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Tabla 5 Técnicas para Aplicar

Análisis	Objetivo	Herramienta
Estadística descriptiva	Caracterizar tendencia de desgaste	Media, desviación, percentiles
Análisis de correlación	Relacionar variables operativas con desgaste	Coeficiente de Pearson (r)
Regresión múltiple	Modelar impacto de factores en desgaste	Software R/SPSS
Análisis de varianza (ANOVA)	Comparar desgaste entre estratos	Prueba F
Series de tiempo	Evaluar degradación progresiva	Gráficos de tendencia

Nota: Estadística Inferencial

2.18 Modelo Predictivo Propuesto

$$\text{Desgaste Total} = \beta_0 + \beta_1(\text{Sílice}) + \beta_2(\text{Temperatura}) + \beta_3(\text{Carga}) + \beta_4(\text{Horas}) + \varepsilon$$

- β_1 = Coeficiente de contaminación por polvo (esperado: mayor impacto)
- β_2 = Coeficiente de sobrecarga térmica
- β_3 = Coeficiente de esfuerzo por topografía
- β_4 = Coeficiente de horas de operación
- ε = Error del modelo

Infraestructura vial:

Camino sin pavimentar con material suelto

Pendientes pronunciadas (>15%)

Curvas cerradas que exigen cambios de marcha frecuentes

2.19 Consideraciones Específicas para Zamora Chinchipe

Adaptación a Condiciones Locales

Mineralogía específica:

Alto contenido de sílice cristalina (cuarzo) en la zona

Presencia de baritina (sulfato de bario) - mineral blando pero abrasivo

Arcillas expansivas que retienen humedad

Condiciones climáticas:

Alta humedad relativa (>80%) - riesgo de corrosión

Lluvias frecuentes - incremento de contaminación en caminos

Variación altitudinal (800-2,500 msnm) - afecta combustión y temperatura

2.20 Ajuste del Plan

Incrementar frecuencia de muestreo en época de lluvias (enero-marzo)

Priorizar análisis de sílice y contenido de agua

Evaluar eficiencia de filtros de aire con mayor rigor (cada 125 horas)

Monitorear temperatura de operación con termografía infrarroja

2.21 Productos esperados del Muestreo

Base de datos tribológica con ≥ 230 análisis de aceite

Curvas de degradación de lubricante por tipo de condición operativa.

Límites de alerta específicos para motores en minería de Zamora Chinchipe

Modelo predictivo de vida útil remanente de componentes.

Protocolo de mantenimiento preventivo ajustado a condiciones locales

Recomendaciones de filtración y especificaciones de lubricantes

3. Resultados (análisis e interpretación de los resultados)

El análisis de la información recopilada permitió identificar los factores predominantes asociados al

desgaste prematuro de motores diésel en camionetas utilizadas en actividades mineras en

Zamora Chinchipe.

Se determinó que la contaminación por polvo mineral representó el mayor impacto, con un 35% de incidencia sobre el desgaste total. Esta condición se evidenció mediante el incremento progresivo de partículas abrasivas, principalmente sílice, en el aceite lubricante, asociado a deficiencias en los sistemas de filtración de aire.

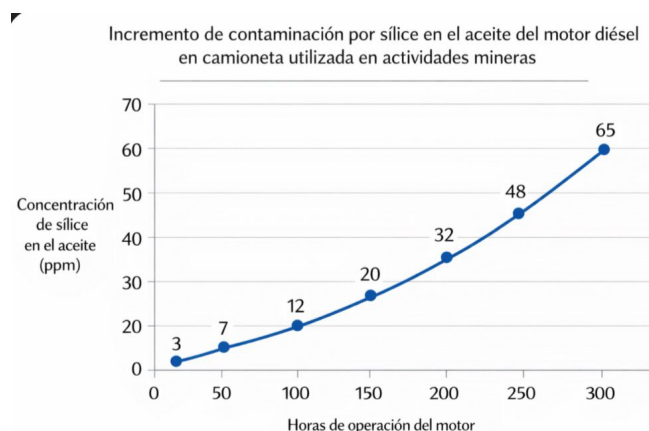


Figura 1 Incremento de Contaminación

La sobrecarga térmica se identificó como el segundo factor de mayor influencia, con un 30% de incidencia. Se registraron valores de temperatura de operación superiores a los rangos recomendados por el fabricante, especialmente durante jornadas prolongadas de trabajo en condiciones de alta exigencia mecánica.

La topografía irregular representó un 20% del

impacto total, evidenciándose variaciones constantes en la carga del motor debido a las condiciones del terreno, lo que incrementó el esfuerzo mecánico durante la operación.

Asimismo, la **corrosión** de origen químico. alcanzó un 15% de incidencia, asociada a la presencia de compuestos derivados del ambiente minero y a la degradación del lubricante.

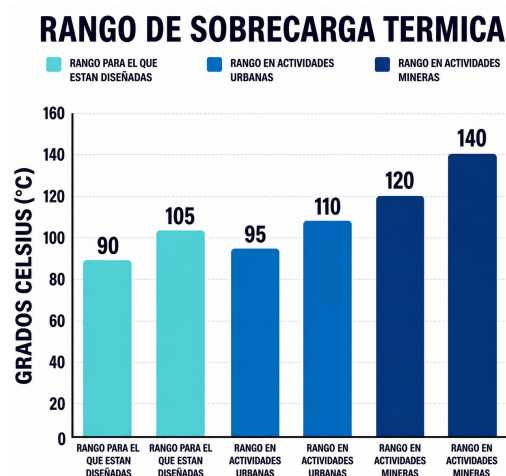


Figura 2 Rango sobrecarga

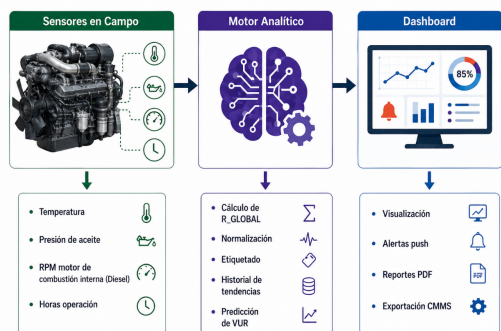


Figura 3 Sistema de toma de decisiones para el Mantenimiento

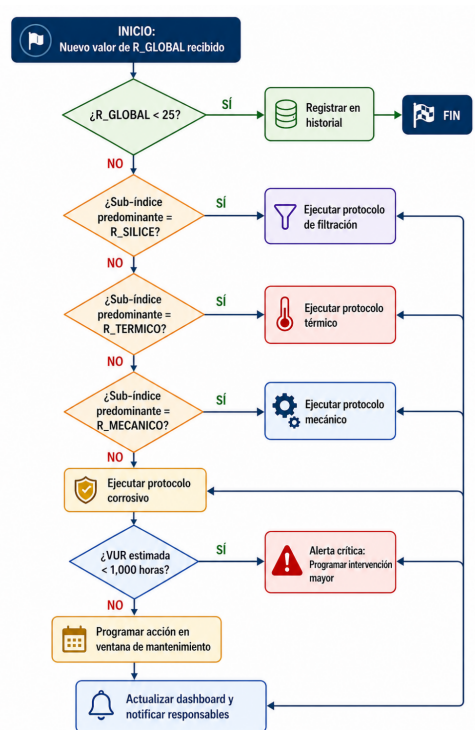


Figura 4 Flujo de Información en Tiempo Real

Tabla 6 Si R_SILICE es predictiva

R_SILICE	Acción Predictiva	Recursos Necesarios	Tiempo Estimado
25-35	Verificar sello de filtros de aire, limpiar pre-filtro	Kit de limpieza, técnico	2 horas
35-50	Reemplazar filtro de aire primario + secundario	Filtros nuevos, 1 técnico	4 horas
50-70	Inspeccionar admisión por fugas, prueba de estanqueidad	Equipo de prueba, 2 técnicos	1 jornada
>70	Parada para revisión de turbocargador y válvulas	Taller especializado	2-3 días

Nota: Datos predictivos

Tabla 7 Si R_SILICE es predominante (>40% del R_GLOBAL)

R_TERMICO	Acción Predictiva	Recursos Necesarios	Tiempo Estimado
25-35	Verificar nivel y flujo de refrigerante, limpiar radiador	Refrigerante, equipo de limpieza	3 horas
35-50	Prueba de presión del sistema de enfriamiento, revisar termostato	Manómetro, termostato de repuesto	5 horas
50-70	Inspección de bomba de agua y ventilador	Herramientas especializadas	1 jornada
>70	Diagnóstico de culata y junta de culata	Laboratorio de pruebas, 2-3 días	3-5 días

Nota: Datos predominantes

R_MECANICO	Acción Predictiva	Recursos Necesarios	Tiempo Estimado
25-35	Ajuste de válvulas, verificación de torque de pernos	Torquímetro, calibradores	4 horas
35-50	Endoscopía de cilindros, análisis de compresión	Endoscopio, manómetro de compresión	6 horas
50-70	Extracción de culata para inspección de anillos y camisas	Grúa, herramientas de motor	2-3 días
>70	Reconstrucción parcial o total del motor	Taller de reconstrucción	5-10 días

Nota: Datos predictivos

Tabla 9 Si R_CORROSIVO es predominante

R_CORROSIVO	Acción Predictiva	Recursos Necesarios	Tiempo Estimado
25-35	Cambio de aceite + filtro, verificar sistema de ventilación	Aceite nuevo, filtro, 1 técnico	3 horas
35-50	Análisis de combustible por contaminación con agua, drenar tanque	Kit de prueba de agua, bomba de trasvase	4 horas
50-70	Limpieza de circuito de lubricación, inspección de sellos	Solventes industriales, sellos nuevos	1-2 días
>70	Revisión de inyectores y sistema de post-tratamiento de gases	Banco de inyectores, equipo de diagnóstico	3-4 días

Nota: Datos predictivos

4. DISCUSIÓN

La metodología integró análisis tribológico, caracterización mineralógica y variables operativas, superando la desconexión habitual entre laboratorio y realidad mediante la triangulación de evidencias (espectrometría, ferrogramía e inspección). Aunque el muestreo no probabilístico y la duración de **cinco meses** limitan la generalización estadística y el análisis estacional de humedad, los resultados validan la necesidad de adaptar el mantenimiento a condiciones locales de **Zamora Chinchipe**.

Se recomienda reducir los intervalos de cambio de filtros de aire y análisis de aceite en un **40-60%** respecto a las especificaciones OEM, diseñadas para condiciones ISO estándar y no para la mineralogía abrasiva local. La métrica propuesta **R_{GLOBAL}** demuestra ser útil para priorizar acciones correctivas al cuantificar la degradación del motor con umbrales técnicos.

En términos de sostenibilidad, la implementación de este modelo predictivo podría:

- Reducir costos de reparación mayor en un 30-45%.
- Disminuir la generación de residuos peligrosos en ~25%.
- Mejorar la seguridad operacional al prevenir fallas catastróficas.

Estos beneficios justifican la inversión en monitoreo avanzado (sensores de partículas, termografía) y capacitación. El estudio concluye que los modelos de mantenimiento minero deben incorporar variables contextuales (mineralogía, altitud, humedad), pues la extrapolación de especificaciones genéricas genera subestimación del desgaste. Se sugiere validar la transferibilidad del modelo **R_{GLOBAL}** en otras provincias y evaluar lubricantes sintéticos para condiciones de alta sílice y humedad.

5. CONCLUSIONES

La contaminación por polvo mineral, específicamente sílice cristalina, constituye el factor predominante (35%) en el desgaste prematuro de motores diésel en camionetas mineras de Zamora Chinchipe, superando la incidencia reportada en estudios internacionales debido a la combinación única de alta humedad, material particulado fino y condiciones de filtración subóptimas.

La sobrecarga térmica (30%) y la topografía irregular (20%) actúan como factores sinérgicos que aceleran la degradación del lubricante y amplifican el desgaste mecánico, evidenciando que los modelos de mantenimiento basados en un solo parámetro son insuficientes para contextos mineros complejos.

El enfoque tribológico integrado —combinando análisis de aceite, caracterización mineralógica local y variables operativas— permite identificar modos de falla específicos y desarrollar estrategias de mantenimiento diferenciadas, superando las limitaciones de las especificaciones genéricas de fabricantes.

La métrica de desgaste global R_{GLOBAL} propuesta demuestra ser una herramienta viable para la toma de decisiones predictivas, al cuantificar de forma normalizada el estado de degradación del motor y permitir la priorización de acciones correctivas según umbrales técnicamente fundamentados.

La adaptación de prácticas de mantenimiento a condiciones locales genera beneficios multiplicadores en confiabilidad operativa, eficiencia económica y sostenibilidad ambiental, justificando la inversión en monitoreo avanzado y capacitación del personal.

6. REFERENCIAS

Salas Fernández, M. E. (2017). *Monitoreo de condición en motores diesel de gran número de cilindros* (Doctoral dissertation, Universidad de Concepción. Departamento de Ingeniería Mecánica). <https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/5c929730-7717-4cf9-8263->

[e306a16e1d8c/content](#)

ASTM International. (2020). *ASTM D445-20: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids*. ASTM International.

<https://store.astm.org/standards/d445>

Astonitas, J. V., Centurión, C. C., & de la Rosa Bocanegra, F. (2015). Mantenimiento preventivo y predictivo para aumentar disponibilidad y confiabilidad en motores de camiones Cat797f-Haa de Minera Chinalco. *Tecnología y Desarrollo (Trujillo)*, 13(1), 109-116.

<https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/rtd/article/view/1738>

Mosquera-Viejo, J. L., Velásquez-Jama, A. M., & Valdivieso-Piguave, R. A. (2023). La importancia de la tribología en la mecánica industrial. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. ISSN: 2697-3693., 6(12), 21-33. Recuperado a partir <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/129>

Paredes, F. C. (2025). *Técnicas de mantenimiento del Motor Diésel de los vehículos Automotrices* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle). Recuperado de:

<https://repositorio.une.edu.pe/bitstreams/ae087076-ac43-4b93-9466-595b2e49293f/download>

Quintero, O. A., (2019). Elaboracion de un plan de mantenimiento preventivo en equipos livianos y semipesados de la empresa G-SINT (universidad pontificia bolivariana) recuperado de:

<https://repository.upb.edu.co/server/api/core/bitstreams/568bdfcb-14af-4794-a791-bf2e86f19b7a/content>

Chire, W. A. P. (2023). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de componentes menores en un motor diesel de tractores de ruedas basado en el mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar el desempeño operacional de una empresa minera, Tacna 2023. Recuperado de:

<https://repositorio.continental.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/8f813c81-a453-48d6-96c4-8744c1621363/content>

López Valdivia, D. (2022). *Simulación de dispersión de contaminantes en una explotación minera* (Master's thesis, Universidad Internacional de Andalucía). Recuperado de:

<https://dspace.unia.es/handle/10334/7144?locale-attribute=es>

Izaguirre Llashag, J. A., & Monzon Julca, J. E. (2025). Propuesta de mejora para incrementar la disponibilidad operativa de motores diésel mediante la aplicación de herramientas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en una empresa de servicios del sector minero. Recuperado de:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/687578>

Sánchez Pérez, L. C., López Garzón, M. A., & Serrato Arias, B. H. (2025). Propuesta de mejora para los procesos de servicio de mantenimiento preventivo y correctivo en el taller automotriz Hino Calle 80, sede Cota. Recuperado de:

<https://repositorio.ecci.edu.co/entities/publication/f9eb03e3-38a5-4053-ac65-c2ac036f6c18>

Paredes, F. C. (2025). *Técnicas de mantenimiento del Motor Diésel de los vehículos Automotrices* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle). Recuperado de:

<https://repositorio.une.edu.pe/bitstreams/ae087076-ac43-4b93-9466-595b2e49293f/download>

Pacheco, A. P. B. (2025). Análisis del mantenimiento preventivo en los camiones mineros 980 E-5 y su relación con la disponibilidad mecánica. Recuperado de:



Enero – Junio 2026 pp. 1-17

Volumen 10- Numero 1

Fecha de recepción: marzo 2026

ISSN: 2773-7489

Correo: editor@istvidanueva.edu.ec

URL: <http://nexoscientificos.vidanueva.edu.ec/index.php/ojs/index>

Fecha de aceptación: mayo 2026

<https://repositorio.continental.edu.pe/gestion/bitstream/am/95398c8d-f359-4f6a-bcdb-6ba14ae91e1c/download>

Missa Levano, R. G. (2025). Plan de Mejoramiento de la disponibilidad de la Flota de Volquete de la empresa minera Shougang Hierro Perú SAA.

Recuperado de:

<https://repositorio.unica.edu.pe/items/cfdeba2d-cd29-4c16-8665-98b46cf7b886>