

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VIDA ÚTIL
DE LOS COMPONENTES CRÍTICOS DE
VEHÍCULOS MILITARES (CHEVROLET D-MAX
MODELO 2015) EN DESEMPEÑO URBANO Y
RURAL**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LIFESPAN OF CRITICAL
COMPONENTS IN MILITARY VEHICLES (CHEVROLET D-MAX
2015 MODEL) IN URBAN AND RURAL PERFORMANCE**

Elider Gómez Valencia

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

Ronald González Silva

Universidad ECCI, Colombia

Brayan Ignacio Cardozo Miranda

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

Jhonatan Ospina Molina

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

Andrés Felipe Medina Gamba

Universidad ECCI, Colombia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14204

Análisis Comparativo de la Vida Útil de los Componentes Críticos de Vehículos Militares (Chevrolet D-MAX modelo 2015) en Desempeño Urbano y Rural

Elider Gómez Valencia¹

elidergomezvalencia@cedoc.edu.co
<https://orcid.org/0009-0009-0406-4291>
Centro de Educación Militar CEMIL
Colombia

Brayan Ignacio Cardozo Miranda
brayancardozomiranda@cedoc.edu.co
<https://orcid.org/0009-0000-5540-0130>
Centro de Educación Militar CEMIL
Colombia

Andrés Felipe Medina Gamba
amedinag@ecc.edu.co
<https://orcid.org/0009-0000-8571-6953>
Universidad ECCI
Colombia

Ronald González Silva

rgonzalezs@ecc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-2404-4668>
Universidad ECCI
Colombia

Jhonatan Ospina Molina

Jospinam@ecc.edu.co
<https://orcid.org/0009-0003-4218-2447>
Centro de Educación Militar CEMIL
Colombia

RESUMEN

El presente estudio analiza el desgaste de los componentes críticos de los vehículos militares Chevrolet D-MAX modelo 2015, utilizados por la escuela de caballería del ejército nacional de Colombia. El objetivo principal es realizar un análisis comparativo del desgaste que sufren estos componentes cuando los vehículos operan en entornos urbanos frente a entornos rurales, con el fin de proponer un plan de mantenimiento preventivo adaptado a las necesidades específicas de cada contexto operativo. Los vehículos que operan en entornos rurales enfrentan condiciones de terreno difíciles, lo que afecta principalmente componentes como los filtros de aire y combustible, los amortiguadores y el sistema de escape. Por otro lado, los vehículos que operan en áreas urbanas presentan un mayor desgaste en los frenos, sistemas de suspensión y otros componentes debido a las frecuentes paradas y arranques causados por el tráfico. El estudio se justifica por la necesidad de mejorar la durabilidad y eficiencia de estos vehículos en misiones militares, reduciendo así los costos de mantenimiento y aumentando su disponibilidad operativa. Se emplea un enfoque mixto, combinando análisis cuantitativos de datos técnicos sobre el desgaste de los componentes, con datos cualitativos obtenidos mediante entrevistas a técnicos y conductores. La hipótesis plantea que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo adaptado a las condiciones operativas de cada entorno puede prolongar la vida útil de los componentes y reducir los costos de mantenimiento. Los hallazgos de este estudio podrían servir de base para optimizar las estrategias de mantenimiento en vehículos militares, mejorando su rendimiento y operatividad. (Tessaro et al., 2017)

Palabras clave: desgaste de componentes, vehículos militares, mantenimiento preventivo, entornos urbanos y rurales, eficiencia operativa

¹ Autor principal.

Correspondencia: elidergomezvalencia@cedoc.edu.co

Comparative Analysis of the Lifespan of Critical Components in Military Vehicles (Chevrolet D-MAX 2015 Model) in Urban and Rural Performance

ABSTRACT

This study analyzes the wear and tear of critical components in Chevrolet D-MAX 2015 military vehicles used by the cavalry school of the Colombian National Army. The main objective is to perform a comparative analysis of the wear that these components experience when the vehicles operate in urban versus rural environments, with the aim of proposing a preventive maintenance plan adapted to the specific needs of each operational context. Vehicles operating in rural environments face difficult terrain conditions, which primarily affect components such as air and fuel filters, shock absorbers, and the exhaust system. On the other hand, vehicles operating in urban areas experience greater wear on brakes, suspension systems, and other components due to frequent stops and starts caused by traffic. The study is justified by the need to improve the durability and efficiency of these vehicles during military missions, thereby reducing maintenance costs and increasing their operational availability. A mixed approach is used, combining quantitative analysis of technical data on component wear, with qualitative data obtained through interviews with technicians and drivers. The hypothesis suggests that implementing a preventive maintenance plan tailored to the operational conditions of each environment can extend the life of the components and reduce maintenance costs. The findings of this study could serve as a basis for optimizing maintenance strategies in military vehicles, improving their performance and operability. (Tessaro et al., 2017)

Keywords: component wear, military vehicles, preventive maintenance, urban and rural environments, operational efficiency

Artículo recibido 08 agosto 2024

Aceptado para publicación: 10 setiembre 2024



INTRODUCCIÓN

El desgaste de los componentes críticos en vehículos militares es una preocupación constante para los departamentos de mantenimiento y logística de las fuerzas armadas. El uso intensivo de estos vehículos en condiciones operativas extremas, tanto en entornos urbanos como rurales, provoca un deterioro acelerado de las partes clave del motor y otros sistemas esenciales. Entre los vehículos más utilizados por el ejército nacional de Colombia se encuentran los Chevrolet D-MAX, modelo 2015, los cuales juegan un papel fundamental en diversas misiones, desde el transporte de tropas hasta el traslado de suministros en terrenos difíciles. (Ypma & Streck, 1996) Sin embargo, la falta de estudios que analicen el rendimiento de estos vehículos en diferentes contextos operativos ha generado un vacío de conocimiento que impide la formulación de estrategias de mantenimiento adaptadas a las condiciones específicas de operación de cada entorno. Este artículo se centra en el análisis comparativo de la vida útil de los componentes críticos de los vehículos Chevrolet D-MAX en entornos urbanos y rurales, con el fin de proponer un plan de mantenimiento preventivo ajustado a las necesidades particulares de cada uno. (de Souza et al., 2023)

El problema de investigación radica en las diferencias de desgaste que experimentan los componentes críticos de los vehículos militares dependiendo de si operan en entornos urbanos o rurales. Aunque se han realizado algunos estudios sobre el mantenimiento preventivo en vehículos comerciales y civiles, existe una notable escasez de investigaciones que aborden el caso particular de los vehículos militares, especialmente aquellos que se despliegan en operaciones tan diversas como las que enfrenta el ejército colombiano. Los vehículos que operan en entornos rurales se enfrentan a condiciones de terreno difíciles, con caminos irregulares y cubiertos de polvo, lo que puede acelerar el desgaste de componentes como los filtros de aire y combustible, amortiguadores y el sistema de escape. (Selim & De Lyra, 2016) En contraste, los vehículos que operan en entornos urbanos experimentan un desgaste más rápido en los frenos y el sistema de suspensión debido a la naturaleza intermitente del tráfico, con frecuentes paradas y arranques. La falta de estudios comparativos que aborden estas diferencias operativas ha generado un vacío en el conocimiento sobre cómo ajustar los planes de mantenimiento preventivo para maximizar la vida útil de los vehículos y reducir los costos operativos. Sin una comprensión clara de cómo varía el desgaste entre estos dos entornos, es difícil optimizar los recursos dedicados al mantenimiento, lo que



puede llevar a un desgaste prematuro de los componentes y un aumento de las reparaciones correctivas costosas.(Tessaro et al., 2017)

La justificación de este estudio es clara y se relaciona directamente con la necesidad de mejorar la eficiencia y durabilidad de los vehículos militares. En un contexto en el que los presupuestos de defensa son limitados y la optimización de recursos es una prioridad, cualquier medida que permita prolongar la vida útil de los vehículos y reducir los costos de mantenimiento es de suma importancia. Los vehículos militares, como los Chevrolet D-MAX, son fundamentales para garantizar el éxito de las operaciones militares, ya que proporcionan movilidad y capacidad logística en situaciones críticas.(Riojas-González et al., 2022) Cualquier interrupción en su operatividad, ya sea debido a fallos mecánicos o a la necesidad de reparaciones prolongadas, puede comprometer la capacidad del ejército para cumplir con sus misiones de manera efectiva. Además, las condiciones extremas a las que se enfrentan estos vehículos, tanto en entornos rurales como urbanos, aumentan la necesidad de desarrollar planes de mantenimiento preventivo que se adapten a las especificidades de cada entorno. Este estudio es, por tanto, relevante no solo desde el punto de vista económico, al reducir los costos de mantenimiento, sino también desde una perspectiva operativa, al garantizar que los vehículos estén siempre en condiciones óptimas para su despliegue.(Hoyas et al., 2011a)

Desde un punto de vista teórico, este trabajo se basa en las teorías del mantenimiento preventivo y predictivo, dos enfoques que han demostrado ser efectivos para prolongar la vida útil de los componentes mecánicos en una amplia variedad de entornos. El mantenimiento preventivo implica la realización de inspecciones y reparaciones programadas en función de ciclos de uso o de desgaste estimados, con el objetivo de prevenir fallos antes de que ocurran. (Viera et al., 2016) En el caso de los vehículos D-MAX que operan en condiciones tan diversas como las que se encuentran en Colombia, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo específico para cada entorno es crucial para garantizar la eficiencia operativa y reducir la frecuencia de las intervenciones correctivas. Por otro lado, el mantenimiento predictivo se basa en la monitorización continua del estado de los componentes y en el análisis de datos históricos para predecir cuándo es probable que un componente falle. Este enfoque permite intervenir en el momento óptimo, evitando tanto fallos imprevistos como el reemplazo innecesario de piezas que aún están en buen estado. La combinación de estos dos enfoques teóricos proporciona el marco



conceptual necesario para desarrollar un plan de mantenimiento ajustado a las necesidades específicas de los vehículos militares, que operan en condiciones de desgaste acelerado debido a la naturaleza de sus misiones.(Hoyas et al., 2012)

En términos de variables y categorías de análisis, este estudio se centrará en los componentes críticos que son más susceptibles al desgaste en los vehículos D-MAX, tales como los filtros de aire y combustible, los amortiguadores, el sistema de frenos y el sistema de escape, entre otros. Estas variables serán analizadas en función del entorno operativo, comparando el desgaste experimentado por los vehículos que operan en áreas urbanas con los que operan en áreas rurales. Además, se considerarán factores contextuales como el tipo de terreno, las condiciones climáticas y la intensidad de uso, ya que estos pueden influir significativamente en el rendimiento de los vehículos y en la vida útil de sus componentes.(Araujo et al., 2016)

Entre los antecedentes investigativos, se pueden citar varios estudios que han analizado el mantenimiento de vehículos comerciales y su rendimiento en entornos rurales y urbanos. Por ejemplo, investigaciones en el sector del transporte de carga pesada han demostrado que los filtros de aire y combustible se desgastan más rápidamente en entornos rurales debido a la mayor presencia de polvo y suciedad en los caminos. Estos estudios también han señalado que los vehículos que operan en áreas urbanas, donde las condiciones del tráfico requieren frecuentes paradas y arranques, tienden a experimentar un mayor desgaste en los frenos y los sistemas de suspensión. (Hoyas et al., 2011b) Aunque estos hallazgos proporcionan una base sólida para comprender el desgaste de los componentes en diferentes entornos, es importante destacar que se centran principalmente en vehículos comerciales y civiles, y no abordan las particularidades de los vehículos militares, que operan en condiciones mucho más extremas y enfrentan desafíos adicionales, como la exposición prolongada a terrenos difíciles y la necesidad de transportar cargas pesadas. Este estudio busca llenar ese vacío en el conocimiento al adaptar estos hallazgos al contexto militar y al centrarse en los vehículos D-MAX, que son esenciales para las operaciones del ejército colombiano.(Schulz, 1994)

En cuanto al contexto de la investigación, esta se lleva a cabo en el ejército nacional de Colombia, específicamente en la escuela de caballería, donde los vehículos Chevrolet D-MAX son utilizados regularmente en una amplia gama de misiones. El contexto geográfico de Colombia, con su diversidad



de terrenos y climas, hace que los vehículos deban operar en condiciones muy diferentes, desde las congestionadas calles de las ciudades hasta los terrenos rurales montañosos o selváticos. Esta diversidad de condiciones representa un desafío significativo para el mantenimiento de los vehículos, ya que cada entorno presenta diferentes factores que contribuyen al desgaste de los componentes. (Sgarbi & Riese, 2000) Además, el contexto militar implica que estos vehículos son utilizados de manera más intensiva que los vehículos comerciales, lo que acelera aún más el desgaste y la necesidad de intervenciones de mantenimiento regulares. La investigación se realiza dentro del marco de las políticas de modernización y optimización de recursos del ejército colombiano, que busca mejorar la eficiencia operativa de sus vehículos y reducir los costos de mantenimiento mediante la implementación de estrategias más efectivas de mantenimiento preventivo. (Mendes et al., 2008)

La investigación también está guiada por una hipótesis central: el desgaste de los componentes críticos de los vehículos D-MAX varía significativamente según el entorno operativo, siendo más pronunciado en ciertos componentes en entornos rurales (como los filtros de aire y combustible) y en otros en entornos urbanos (como los frenos y los sistemas de suspensión). A partir de esta hipótesis, el estudio buscará comprobar que la propuesta para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo adaptado a las condiciones específicas de cada entorno puede prolongar la vida útil de los componentes, reducir los costos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad operativa de la flota. Esta hipótesis será evaluada mediante la recolección de datos y encuestas con los técnicos y conductores responsables del mantenimiento de los vehículos. (Mendes et al., 2008)

Los objetivos de este estudio son claros y se estructuran en tres niveles. El primer objetivo es identificar los componentes más susceptibles al desgaste en entornos urbanos y rurales a través de un análisis detallado de los datos de desempeño. Se espera que este análisis revele qué partes de los vehículos D-MAX experimentan un mayor desgaste en función del entorno operativo, lo que permitirá desarrollar estrategias específicas de mantenimiento para cada contexto. (Payri et al., 2005) El segundo objetivo es proponer un plan de mantenimiento preventivo adaptado a las necesidades particulares de cada entorno, con el fin de maximizar la vida útil de los componentes y reducir la frecuencia de las intervenciones de mantenimiento correctivo. Este plan de mantenimiento preventivo incluirá recomendaciones específicas sobre la frecuencia de las inspecciones y reemplazos de los componentes clave, así como sugerencias



sobre las mejores prácticas para el cuidado de los vehículos en cada entorno. El tercer objetivo es evaluar el impacto económico de la implementación de este plan de mantenimiento, analizando los costos de reparación y reemplazo de piezas antes y después de la implementación del plan, así como la mejora en la disponibilidad operativa de los vehículos.(Osenga, 2004)

Finalmente este estudio busca abordar un problema fundamental para la operatividad de los vehículos militares: el desgaste desigual de los componentes críticos en diferentes entornos operativos. Mediante un análisis comparativo detallado y el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo específico, este estudio pretende mejorar la eficiencia y durabilidad de los vehículos D-MAX, reduciendo los costos de mantenimiento y mejorando su disponibilidad para misiones militares. Los hallazgos de esta investigación no solo contribuirán al desarrollo de mejores prácticas de mantenimiento en el ejército colombiano, sino que también proporcionarán una base sólida para futuras investigaciones en el campo del mantenimiento preventivo de vehículos militares.(Brezonick, 2005)

METODOLOGÍA

El presente estudio utiliza un enfoque mixto, que combina tanto métodos cuantitativos como cualitativos para lograr una comprensión integral del rendimiento y desgaste de los componentes críticos de los vehículos D-MAX pertenecientes a la escuela de caballería del ejército nacional de Colombia, operando en entornos urbanos y rurales. La elección de un enfoque mixto es esencial para este tipo de investigación, ya que el análisis cuantitativo permite obtener datos numéricos precisos sobre el rendimiento de los vehículos, mientras que el análisis cualitativo profundiza en las percepciones y experiencias de los técnicos, militares y civiles que trabajan directamente con estos vehículos. (Brezonick, 2005) El enfoque cuantitativo se centrará en variables técnicas clave, como la frecuencia de fallas, la vida útil de los componentes y los costos de mantenimiento asociados. Por su parte, el enfoque cualitativo proporcionará información sobre las condiciones operativas que contribuyen al desgaste de los componentes y las intervenciones de mantenimiento que han sido efectivas o ineficaces. Al combinar ambos enfoques, el estudio obtiene una visión más completa de los problemas relacionados con el desgaste y el rendimiento de los vehículos D-MAX en distintos contextos.(Delgado et al., 2005)

El tipo de investigación adoptado es exploratorio. Esta decisión responde a la necesidad de investigar un área poco estudiada, específicamente el impacto de los entornos operativos (urbanos y rurales) en el



desgaste de los componentes de los vehículos D-MAX. Dado que no existen muchos estudios previos que analicen comparativamente el rendimiento de estos vehículos en dichos contextos, la investigación busca explorar los factores que contribuyen a las diferencias en el desgaste de los componentes críticos. Al ser exploratorio, el estudio no solo busca describir el problema, sino también identificar patrones, tendencias y posibles variables que podrían investigarse en estudios más profundos en el futuro. La naturaleza exploratoria de este estudio es clave para generar nuevas hipótesis y abrir el camino a futuras investigaciones que busquen optimizar el mantenimiento y rendimiento de los vehículos militares en diferentes condiciones operativas.(Hermans & Tamás, 2024)

El diseño de investigación es transversal, lo que significa que los datos serán recolectados en un solo punto en el tiempo. Este diseño es apropiado para estudios como el presente, en los que se busca realizar una comparación entre dos contextos operativos (urbano y rural) sin la necesidad de realizar un seguimiento longitudinal a lo largo del tiempo. Al ser transversal, este diseño permite obtener una información precisa de las condiciones actuales de los vehículos D-MAX en ambos entornos, lo que facilita la identificación de diferencias en el desgaste de los componentes y en la efectividad de los planes de mantenimiento implementados. El diseño transversal también es adecuado debido a la naturaleza comparativa del estudio, ya que permite evaluar las variaciones en el desgaste de los componentes sin los factores confusos que podrían surgir en un estudio longitudinal, como el envejecimiento general de los vehículos o cambios en las políticas de mantenimiento a lo largo del tiempo.(Rathi et al., 2024)

La población de estudio está compuesta por vehículos D-MAX pertenecientes a la escuela de caballería del ejército nacional de Colombia. Estos vehículos son utilizados para diversas funciones operativas, tanto en entornos urbanos como rurales, lo que los convierte en un objeto de estudio ideal para analizar las diferencias en el desgaste de los componentes críticos en distintos contextos operativos. La población también incluye a los 120 técnicos, militares y civiles encargados del mantenimiento y operación de estos vehículos. La selección de los participantes es intencional, ya que se busca incluir a aquellos individuos que tienen experiencia directa con el rendimiento de los vehículos en ambos entornos. (Gelaw et al., 2024) Esta experiencia es fundamental para el análisis cualitativo, ya que los participantes aportarán información valiosa sobre las condiciones operativas que afectan el rendimiento y desgaste de

los componentes. Los criterios de inclusión para la selección de los vehículos son claros: los vehículos deben ser modelos D-MAX, estar en operación activa y contar con un historial documentado de mantenimiento. Los vehículos que no cumplan con estas características, como aquellos que no están en operación activa o que no cuentan con registros de mantenimiento completos, serán excluidos del estudio. Los participantes deben tener una experiencia mínima en el manejo o mantenimiento de estos vehículos en entornos urbanos o rurales para ser considerados en la muestra. (Mishra, 2024)

Para la recolección de datos, se utilizará una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas. Por un lado, se aplicarán encuestas estructuradas a los 120 participantes, con el fin de obtener datos numéricos sobre variables clave como la frecuencia de fallas, la duración de los componentes críticos, las intervenciones de mantenimiento realizadas y los costos asociados. Las encuestas estarán diseñadas para capturar información específica sobre el desgaste de componentes en los diferentes entornos, tales como el rendimiento de los filtros de aire y combustible, amortiguadores, sistema de escape, y sistema de refrigeración en entornos rurales, así como los frenos, pastillas, y lubricación en entornos urbanos. (Mishra, 2024) Estos datos cuantitativos serán analizados estadísticamente para identificar patrones y tendencias en el desgaste de los componentes. Por otro lado, se realizarán entrevistas semiestructuradas con un subconjunto de los participantes, para profundizar en sus experiencias y percepciones sobre las condiciones operativas que contribuyen al desgaste de los componentes. Las entrevistas permitirán obtener un análisis más detallado y matizado de las variables cualitativas que afectan el rendimiento de los vehículos. Además, se recopilarán registros técnicos de mantenimiento, como informes de desgaste de componentes, tiempos de inactividad, y las intervenciones de mantenimiento realizadas en los vehículos en ambos entornos. Estos registros proporcionarán datos adicionales que permitirán una triangulación de los resultados obtenidos en las encuestas y entrevistas. (Díaz-Reza et al., 2024)

En cuanto a las consideraciones éticas, este estudio se llevará a cabo con un estricto respeto por los derechos de los participantes. Todos los participantes deberán otorgar su consentimiento informado antes de participar en las encuestas o entrevistas, asegurando que comprenden los objetivos del estudio y que su participación es completamente voluntaria. (S. Singh et al., 2023) Además, se garantizará la confidencialidad de toda la información proporcionada, tanto por los participantes como por los datos técnicos de los vehículos. Se seguirán las regulaciones y normativas del ejército nacional de Colombia



para garantizar que la información sensible relacionada con los vehículos y su mantenimiento sea manejada de manera apropiada. Este enfoque ético es esencial para asegurar la transparencia y confiabilidad del estudio, así como para garantizar que los resultados sean representativos y respeten los principios de investigación responsable.(Johnson et al., 2024)

Como toda investigación, este estudio presenta ciertas limitaciones. Entre las principales limitaciones se encuentran las restricciones físicas y geográficas, ya que algunos vehículos D-MAX pueden no estar disponibles para su evaluación debido a su ubicación remota o su participación en operaciones activas del ejército. Esto podría limitar el acceso a ciertos vehículos, reduciendo la representatividad de la muestra.(S. P. Singh et al., 2024) Además, existen limitaciones económicas relacionadas con los costos de recolección de datos en regiones remotas, lo que podría restringir el tamaño de la muestra o la cantidad de entrevistas realizadas. Estas limitaciones podrían afectar los resultados, particularmente en términos de la generalización de los hallazgos a otros vehículos o entornos operativos. Sin embargo, se tomarán medidas para mitigar estas limitaciones, como la priorización de vehículos y participantes clave y la implementación de herramientas digitales para facilitar la recolección de datos en áreas remotas. (Tortorella et al., 2024)

Para asegurar el rigor metodológico y la validez de los resultados, se aplicará la técnica de triangulación. Esto significa que los datos obtenidos de las encuestas, entrevistas y registros de mantenimiento serán comparados y contrastados para asegurar su consistencia y coherencia. La triangulación permitirá validar los hallazgos desde múltiples perspectivas, garantizando que los resultados sean fiables y representen de manera precisa las condiciones operativas y el desgaste de los componentes en ambos entornos.(S. P. Singh et al., 2024) Además, los procedimientos utilizados en este estudio serán replicables, lo que permitirá que otros investigadores puedan replicar este estudio en otros contextos o con otras flotas de vehículos, contribuyendo así al cuerpo de conocimiento sobre el desgaste de vehículos militares en diferentes condiciones operativas. (Rathi et al., 2023)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una encuesta a 120 técnicos y conductores para evaluar las principales causas de desgaste y el rendimiento de los vehículos militares Chevrolet D-MAX en zonas urbanas y rurales. Los resultados principales son:



Causa principal de desgaste en zonas rurales: El terreno accidentado fue señalado como la principal causa de desgaste en las zonas rurales, con un 36% de los encuestados mencionando esta opción.

Componentes con mayor tasa de desgaste: El sistema de suspensión fue identificado como el componente más afectado en zonas rurales, representando el 58.3% de las respuestas, seguido por los frenos. Esto se debe a las condiciones irregulares de los caminos en entornos rurales.

Comparación del rendimiento en zonas rurales vs urbanas: El 31% de los encuestados evaluó que el rendimiento de los vehículos en zonas rurales es "mucho menor" en comparación con las zonas urbanas, señalando una disminución significativa en la operatividad bajo condiciones rurales.

Mantenimiento recomendado: El mantenimiento preventivo fue identificado como la mejor opción para ambos entornos, con un 71% de los encuestados sugiriendo intensificar esta práctica para mitigar el desgaste y prolongar la vida útil de los componentes.

Los resultados de esta investigación confirman que las condiciones rurales presentan desafíos únicos para los vehículos Chevrolet D-MAX, con un desgaste más acelerado en componentes clave como la suspensión y los frenos. En contraste, los vehículos en zonas urbanas enfrentan menos desgaste en estos sistemas, pero su rendimiento también se ve afectado por el tráfico constante y las frecuentes paradas y arranques.

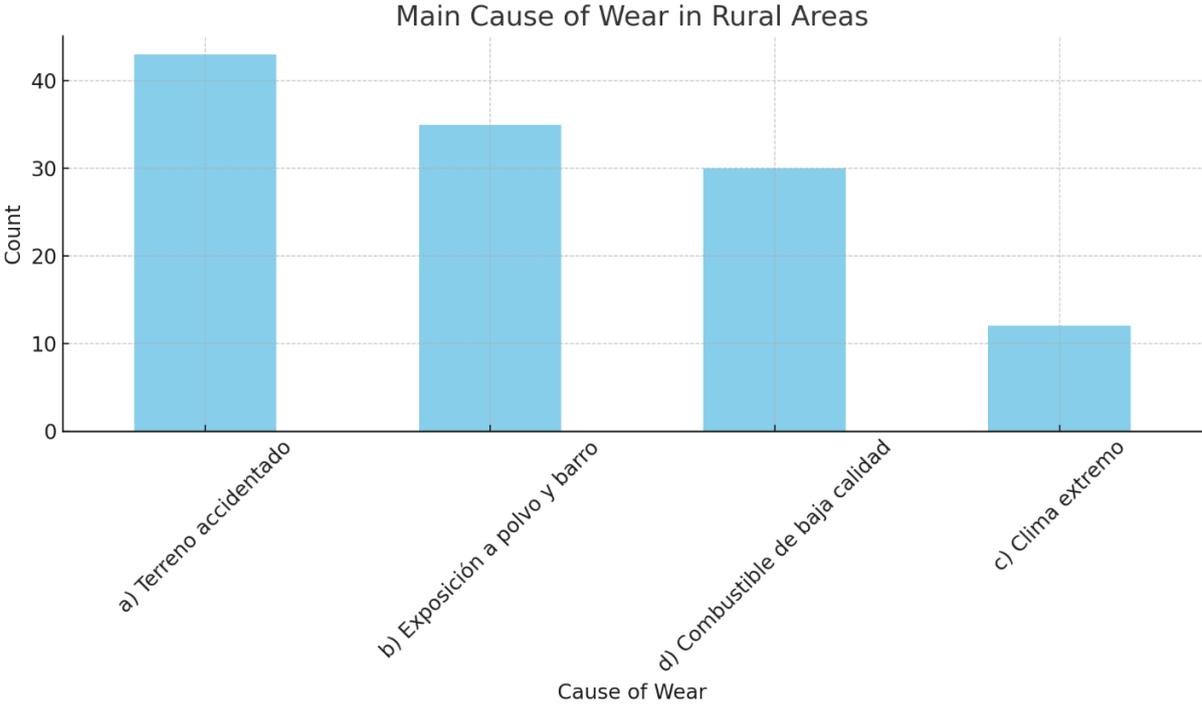
El terreno accidentado es una causa predecible de desgaste en las zonas rurales, lo que está alineado con estudios previos en vehículos todoterreno que operan bajo condiciones similares. Las irregularidades del terreno aumentan la presión sobre los sistemas de suspensión y frenado, lo que resulta en un desgaste acelerado. En respuesta a este desafío, el mantenimiento preventivo, sugerido por la mayoría de los encuestados, es crucial para mitigar los efectos del desgaste temprano y mejorar la disponibilidad operativa.

En las zonas rurales, el rendimiento de los vehículos es evaluado como significativamente menor en comparación con las zonas urbanas, lo cual es consistente con la expectativa de que los terrenos difíciles y la exposición a condiciones climáticas adversas afecten la operatividad del vehículo. Es fundamental que el ejército nacional adopte un plan de mantenimiento preventivo específico para cada entorno, que tenga en cuenta las condiciones operativas particulares y las demandas mecánicas que enfrentan estos vehículos.

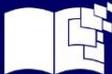


Es necesario intensificar las inspecciones preventivas y los reemplazos programados de componentes críticos en zonas rurales, particularmente para los sistemas de suspensión y frenos, a fin de prolongar la vida útil de los vehículos militares Chevrolet D-MAX y reducir los costos de mantenimiento correctivo. Con estos hallazgos, se proponen acciones inmediatas para implementar un mantenimiento diferenciado por entorno, con el objetivo de mejorar la durabilidad y eficiencia de la flota.

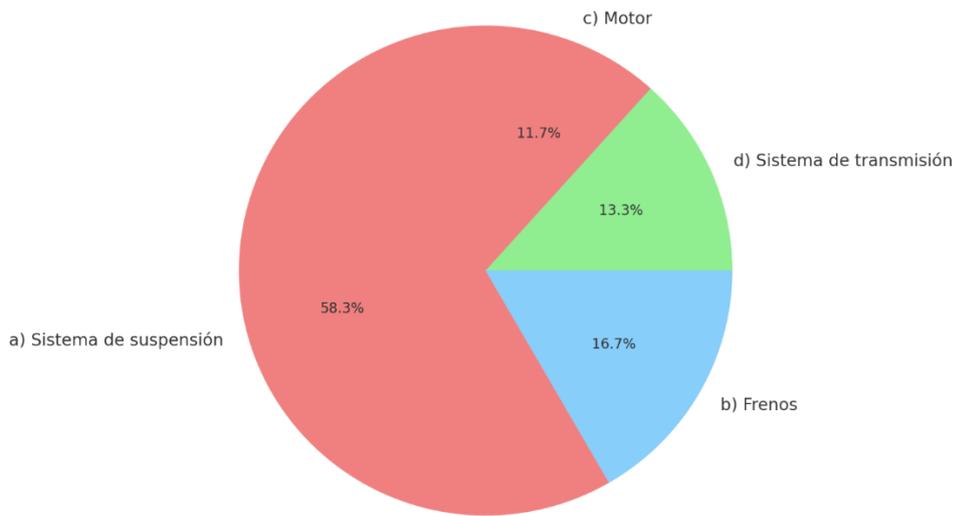
ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS



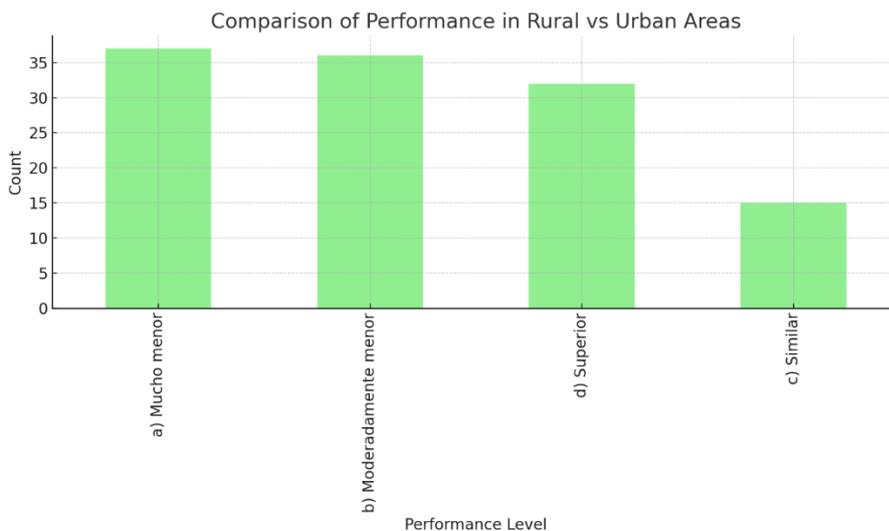
Esta gráfica muestra que el terreno accidentado es la causa principal de desgaste en los vehículos Chevrolet D-MAX que operan en zonas rurales, según el 36% de los encuestados. Esto se debe a que los caminos irregulares y sin pavimentar aumentan la carga sobre los sistemas mecánicos, particularmente en los componentes de suspensión y frenos. Las vibraciones y golpes constantes provocados por este tipo de terreno pueden causar daños acumulativos en los componentes, acelerando su deterioro. El clima extremo y las condiciones de humedad también fueron mencionados, pero en menor proporción. Este hallazgo resalta la necesidad de un plan de mantenimiento preventivo que tenga en cuenta las condiciones de operación rural para reducir los efectos del desgaste prematuro.



Critical Component with Highest Wear Rate in Rural Areas

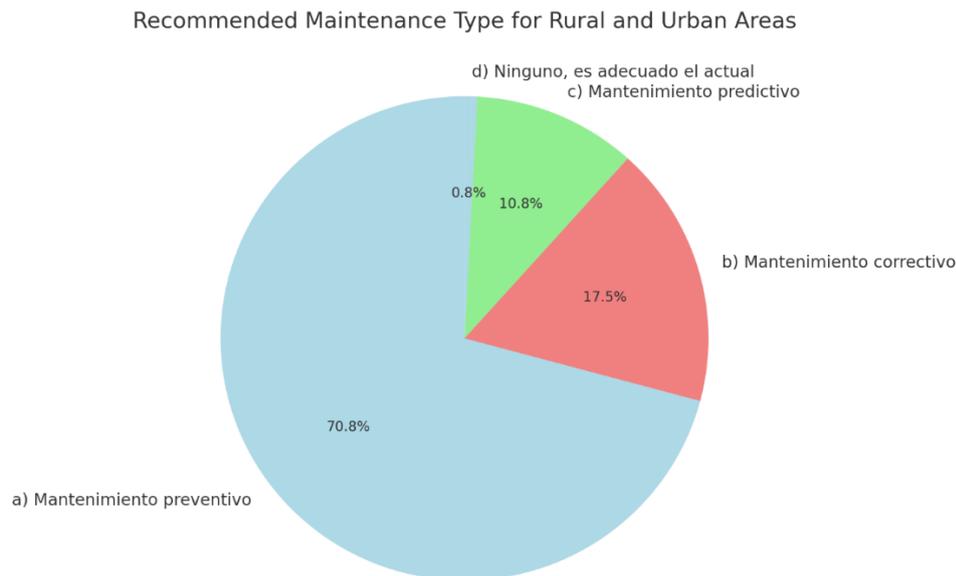


Este gráfico indica que el sistema de suspensión es el componente que presenta la mayor tasa de desgaste en las zonas rurales, con el 58.3% de los encuestados identificándolo como el más afectado. Esto es comprensible dado que el sistema de suspensión soporta el impacto directo de las irregularidades del terreno. Los frenos también fueron identificados como un componente crítico, ya que se ven afectados por la necesidad constante de detener y desacelerar el vehículo en condiciones de terreno accidentado. Estos resultados subrayan la importancia de un monitoreo frecuente de estos componentes para garantizar la seguridad operativa y minimizar el riesgo de fallos mecánicos graves.



Esta gráfica compara el rendimiento de los vehículos en zonas rurales frente a urbanas, con la mayoría de los encuestados evaluando el rendimiento en zonas rurales como "moderadamente menor" o "mucho

menor". El 31% consideró que el rendimiento es significativamente menor en áreas rurales, lo que sugiere que las condiciones extremas de estos entornos afectan de manera negativa la eficiencia y el desempeño general de los vehículos. Las carreteras no pavimentadas, los obstáculos naturales y la mayor demanda de los sistemas de suspensión y frenos son algunos de los factores que contribuyen a esta diferencia. Esto evidencia la necesidad de ajustar el plan de mantenimiento según el entorno operativo para asegurar un rendimiento óptimo.



El gráfico de pastel muestra que el mantenimiento preventivo es la opción mayoritariamente recomendada por los encuestados, con un 71% sugiriendo que esta práctica debería intensificarse tanto en zonas rurales como urbanas. El mantenimiento preventivo es fundamental para identificar fallos potenciales antes de que ocurran, lo que es particularmente importante en vehículos que operan bajo condiciones difíciles. En entornos rurales, este tipo de mantenimiento se enfoca principalmente en los sistemas de suspensión y frenos, mientras que en áreas urbanas se recomienda para los sistemas de frenos y lubricación debido al tráfico intermitente. Esta recomendación se alinea con la necesidad de minimizar el tiempo de inactividad y reducir los costos operativos asociados a reparaciones correctivas.

CONCLUSIONES

El terreno accidentado en zonas rurales ha sido identificado como la principal causa de desgaste en los vehículos Chevrolet D-MAX, afectando principalmente a componentes como la suspensión y los frenos. Esto pone de relieve la importancia de un mantenimiento preventivo más frecuente en estos entornos

para garantizar la operatividad continua.

El sistema de suspensión es el componente que sufre mayor desgaste en zonas rurales, debido a las irregularidades del terreno. Este componente debe recibir especial atención para evitar fallas mecánicas que puedan comprometer el rendimiento del vehículo en entornos rurales.

Los vehículos Chevrolet D-MAX muestran un rendimiento significativamente inferior en entornos rurales en comparación con áreas urbanas. Esto subraya la necesidad de estrategias de mantenimiento diferenciadas, ajustadas a las condiciones más exigentes de los terrenos rurales.

El sistema de frenos, después del sistema de suspensión, es otro de los componentes que experimenta un desgaste acelerado en zonas rurales. Las condiciones del terreno y la mayor demanda de frenado intensifican la necesidad de un monitoreo constante y de su reemplazo programado.

El mantenimiento preventivo es considerado por la mayoría de los encuestados como la mejor estrategia para mitigar los efectos del desgaste en zonas rurales y urbanas. La implementación adecuada de estas prácticas es esencial para prolongar la vida útil de los componentes.

Las diferencias en el desgaste entre entornos urbanos y rurales requieren planes de mantenimiento preventivo adaptados a cada contexto. Las condiciones de operación específicas de cada entorno determinan el tipo de intervenciones y la frecuencia con la que deben realizarse.

El costo de mantenimiento en zonas rurales tiende a ser mayor debido al desgaste acelerado. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo adecuado puede mitigar este incremento de costos al reducir la necesidad de reparaciones correctivas y aumentar la vida útil de los componentes.

Las condiciones climáticas extremas también contribuyen al desgaste de los vehículos en zonas rurales, aunque no son el principal factor. Este elemento debe considerarse en el diseño de estrategias de mantenimiento preventivo para evitar fallos inesperados.

En zonas urbanas, aunque el desgaste es menor en comparación con áreas rurales, los vehículos aún enfrentan desafíos operativos, como el tráfico intermitente. Esto requiere un enfoque constante en el mantenimiento de los frenos y la lubricación de los sistemas.

La implementación de estrategias de mantenimiento preventivo más rigurosas y diferenciadas puede mejorar la disponibilidad operativa de la flota Chevrolet D-MAX en misiones militares, reduciendo tiempos de inactividad y asegurando que los vehículos estén en óptimas condiciones.



Se recomienda aumentar la frecuencia del mantenimiento preventivo en vehículos que operan en zonas rurales, con especial énfasis en la inspección de los sistemas de suspensión y frenos, que son los más afectados por las condiciones del terreno.

Es fundamental implementar un sistema de monitoreo continuo para los componentes más críticos, como frenos y suspensión, para vehículos que operan en terrenos rurales. Esto permitirá detectar problemas potenciales a tiempo y evitar daños mayores.

El desarrollo de planes de mantenimiento diferenciados según el entorno operativo es crucial. Cada tipo de terreno requiere ajustes específicos en la frecuencia de inspecciones y reemplazos de componentes para garantizar el óptimo funcionamiento de los vehículos.

Capacitar a los técnicos y conductores en mantenimiento preventivo especializado es necesario. Esto les permitirá identificar de manera temprana los signos de desgaste y adoptar medidas adecuadas según las condiciones del entorno, reduciendo fallos futuros.

Es recomendable realizar inspecciones periódicas adicionales en vehículos que operen en condiciones climáticas extremas. Estas revisiones permitirán detectar los efectos del calor y la humedad en los componentes clave, asegurando que los vehículos mantengan su rendimiento en cualquier condición climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo, L. B., Tessaro, J., & Sardim, R. (2016). Supply Chain Risk Management Applied to Brazilian Automotive Industry. *SAE Technical Papers, Part F127082*(October).

<https://doi.org/10.4271/2016-36-0171>

Brezonick, M. (2005). A matter of scale. *Diesel Progress North American Edition*, 71(7), 28–31.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-22944446753&partnerID=40&md5=d41f4ffb5c1476021dca2ed25f0dca2f>

de Souza, J., de Souza, S. N. M., Bassegio, D., Secco, D., & Nadaletti, W. C. (2023). PERFORMANCE OF DIFFERENT ENGINES IN BIOGAS-BASED DISTRIBUTED ELECTRICITY GENERATION SYSTEMS. *Engenharia Agricola*, 43(5). <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v43n5e20230120/2023>



- Delgado, J., Arrabal, L., & Aguirre, M. Á. (2005). Desarrollo de un combustible diésel adaptado a los nuevos motores: Estudio del efecto de los desactivadores de metales en la estabilidad del combustible. *Ingeniería Química*, 37(424), 113–124.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-21644446216&partnerID=40&md5=e79f85261027c49ed6a405d2903324fa>
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., Sánchez-Ramírez, C., & Vargas, A. R. (2024). Assessing the impact of Lean manufacturing on the Social Sustainability through Structural Equation Modeling and System Dynamics. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 18(1), 113–130.
<https://doi.org/10.59038/jjmie/180109>
- Gelaw, M. T., Azene, D. K., & Berhan, E. (2024). Assessment of critical success factors, barriers and initiatives of total productive maintenance (TPM) in selected Ethiopian manufacturing industries. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 30(1), 51–80. <https://doi.org/10.1108/JQME-11-2022-0073>
- Hermans, M., & Tamás, P. (2024). OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY, TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE AND DIGITAL TWIN TECHNOLOGIES - A LITERATURE REVIEW. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 22(2), 129–137.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85201374412&partnerID=40&md5=741159cae05e11b80f08bf377e803387>
- Hoyas, S., Gil, A., Fajardo, P., Khuong-Anh, D., & Ravet, F. (2012). Evaluation and validation of ELSA model in diesel sprays: 3D cavitating nozzles case. *ICLASS 2012 - 12th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034817221&partnerID=40&md5=623acbf69f45f6d0c885307048308aed>
- Hoyas, S., Pastor, J. M., Khuong-Anh, D., Mompó-Laborda, J. M., & Ravet, F. (2011a). Application and evaluation of the Eulerian-Lagrangian Spray Atomization (ELSA) model on CFD diesel spray simulations. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2011-37-0029>
- Hoyas, S., Pastor, J. M., Khuong-Anh, D., Mompó-Laborda, J. M., & Ravet, F. (2011b). Evaluation of the Eulerian-Lagrangian spray atomisation (ELSA) in spray simulations. *International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing*, 6(3–4), 187–201.



<https://doi.org/10.1504/IJVSMT.2011.044224>

- Johnson, J., Pramod, V. K., & Pramod, V. R. (2024). Analytical hierarchy process-based maintenance quality function deployment integrating total quality management with total productive maintenance and its application in dairy industry. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 46(3), 404–432. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2024.137957>
- Mendes, A. S., Meirelles, P. S., & Zampieri, D. E. (2008). Analysis of torsional vibration in internal combustion engines: Modelling and experimental validation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-Body Dynamics*, 222(2), 155–178. <https://doi.org/10.1243/14644193JMBD126>
- Mishra, A. (2024). Evaluation of TPM adoption factors in manufacturing organizations using fuzzy PIPRECIA method. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 30(1), 101–119. <https://doi.org/10.1108/JQME-11-2020-0115>
- Osenga, M. (2004). Perkins opens Brazilian engine plant. *Diesel Progress North American Edition*, 70(1), 20–22. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-2442623218&partnerID=40&md5=ba4f2835c3f63ae59eb3a266372e134b>
- Payri, F., MacIán, V., Arrègle, J., Tormos, B., & Martínez, J. (2005). Heavy-duty diesel engine performance and emission measurements for biodiesel (from cooking oil) blends used in the ECOBUS Project. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2005-01-2205>
- Rathi, S. S., Sahu, M. K., & Kumar, S. (2023). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Productivity of Rolling Mill. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 30(6), 882–890. <https://doi.org/10.56042/ijems.v30i6.3158>
- Rathi, S. S., Sahu, M. K., & Kumar, S. (2024). Implementation of lean manufacturing methods to improve rolling mill productivity. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 11(111), 243–256. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2023.10102004>
- Riojas-González, H.-H., Reta-Heredia, I., Bortoni-Anzures, L.-J., & Martínez-Torres, J.-J. (2022). Analysis of alcohol mixture in diesel engine. *Revista Colombiana de Química*, 51(3), 34–44. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v51n3.106796>



- Schulz, B. (1994). New family of diesels for world markets. *Diesel Progress Engines & Drives*, 60(10), 42–43.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0028515919&partnerID=40&md5=2a742806aacb02785ce2b9224c9d9452>
- Selim, A. B., & De Lyra, B. A. (2016). Cooling Package Selection through Radiator Area/Material and Fan Blade Angle Variation. *SAE Technical Papers, Part F127082*(October).
<https://doi.org/10.4271/2016-36-0370>
- Sgarbi, S. R., & Riese, R. (2000). Introduction of a new line of electronic diesel engines at Maxion international Motores SA. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2000-01-3253>
- Singh, S., Khamba, J. S., & Singh, D. (2023). Analysis of potential factors affecting execution of overall equipment effectiveness in Indian sugar mills. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 237(6), 2323–2333.
<https://doi.org/10.1177/09544089221135010>
- Singh, S. P., Mehta, A., & Vasudev, H. (2024). Application of Sensitivity Analysis for Multiple Attribute Decision Making in Lean Production System. *EMJ - Engineering Management Journal*.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2024.2383855>
- Tessaro, J. A., Silva, A. R., Araujo, L. B., & Sardim, R. O. (2017). Supplier Base Optimization on MWM MAR-I Diesel Engines Launch. *SAE Technical Papers, 2017-November*(November).
<https://doi.org/10.4271/2017-36-0139>
- Tortorella, G. L., Saurin, T. A., Fogliatto, F. S., Tlapa Mendoza, D., Moyano-Fuentes, J., Gaiardelli, P., Seyedghorban, Z., Vassolo, R., Cawley Vergara, A. F. M., Sunder M, V., Sreedharan, V. R., Sena, S. A., Forstner, F. F., & Macias de Anda, E. (2024). Digitalization of maintenance: exploratory study on the adoption of Industry 4.0 technologies and total productive maintenance practices. *Production Planning and Control*, 35(4), 352–372.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2083996>
- Viera, J. P., Payri, R., Swantek, A. B., Duke, D. J., Sovis, N., Kastengren, A. L., & Powell, C. F. (2016). Linking instantaneous rate of injection to X-ray needle lift measurements for a direct-acting piezoelectric injector. *Energy Conversion and Management*, 112, 350–358.



<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.038>

Ypma, M., & Streck, R. (1996). Wege zum kostengünstigen EURO II Motor - Am Beispiel des 4.10

TCA von MWM Motoren Diesel. *MTZ Motortechnische Zeitschrift*, 57(7-8), 394-399.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[0346095011&partnerID=40&md5=0a0bd1cc774343736d2b59c3140d7e6f](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0346095011&partnerID=40&md5=0a0bd1cc774343736d2b59c3140d7e6f)

