

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

[DOI 10.35381/cm.v10i2.1425](https://doi.org/10.35381/cm.v10i2.1425)

Reparación de Motor de Combustión Interna (MCI) con énfasis a ajustes y tolerancias

Internal Combustion Engine (ICE) Repair with emphasis on adjustments and tolerances

Esteban Alejandro Proaño-García
ia.estebanapg46@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-7602-5082>

Dennis Iván Pérez-Aldás
ia.dennisipa69@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-7625-8858>

Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete
ia.mariojpn43@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-4934-0826>

Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez
ia.andressjg44@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-3564-8379>

Recibido: 15 de mayo 2024
Revisado: 15 de junio 2024
Aprobado: 15 de septiembre 2024
Publicado: 01 de octubre 2024

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

RESUMEN

El presente artículo tuvo como objetivo analizar el estado preliminar de un motor de combustión interna de un vehículo Chevrolet Optra en pro de desarrollar criterios de decisión basados en el cumplimiento de tolerancias y ajustes permitidos para los procesos de reparación. Metodológicamente, el análisis se sustentó en un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo. Como resultado, se pudieron determinar las desviaciones de tolerancias que presentaron los componentes internos del motor con respecto a los valores proporcionados por tablas del fabricante, describiéndose así el alcance necesario de la reparación del motor. Además, se determinó la necesidad de restablecer su funcionalidad mediante un proceso de reparación considerando los procedimientos adecuados y tolerancias especificadas por el fabricante. Como conclusión, se evidencio una mejora en el andar regular del motor sin fugas ni consumo de aceite lubricante.

Descriptores: Tolerancias; motor; proceso; reparación. (Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The objective of this article was to analyze the preliminary condition of an internal combustion engine of a Chevrolet Optra vehicle in order to develop decision criteria based on compliance with tolerances and adjustments allowed for repair processes. Methodologically, the analysis was based on an experimental quantitative approach. As a result, it was possible to determine the deviations of tolerances presented by the internal components of the engine with respect to the values provided by the manufacturer's tables, thus describing the necessary scope of the engine repair. In addition, the need to reestablish its functionality through a repair process considering the appropriate procedures and tolerances specified by the manufacturer was determined. As a conclusion, an improvement in the regular running of the engine without leaks or lubricating oil consumption was evidenced.

Descriptors: Tolerances; engine; process; rebuilt. (UNESCO Thesaurus).

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

INTRODUCCIÓN

La reparación de motores es una práctica necesaria para restaurar en cierta medida el desempeño y rendimiento nominal de un motor de combustión interna. Actualmente, estas reparaciones son llevadas a cabo por profesionales de la rama de la Ingeniería Automotriz, entre técnicos, tecnólogos e ingenieros; quienes tienen que tomar en cuenta: el estado de los motores, los problemas o fallos que presentan y sus causas. Según Arango et al. (2014), “la demanda de energía mundial que está en constante aumento debido al crecimiento poblacional e industrial conlleva al aumento del consumo de combustibles” (p. 153). El profesional evalúa la gravedad de las causas y determina si es necesaria y viable una reparación del motor. Según el estudio de Llanes et al. (2019), “la presión de inyección y la temperatura en las cámaras de combustión son indicadores influyentes en la determinación de las fallas de los MCI Hyundai de 1,7 MW”. Para Martínez (2022), “entre las máquinas, los motores de combustión interna (MCI) son de gran complejidad para su diseño, producción y posterior adecuado funcionamiento” (p. 71). La formación de la carrera de Ingeniería Automotriz pretende dotar de habilidades y conocimientos teóricos prácticos a los estudiantes de quinto nivel, para lo cual se planteó la intervención en un vehículo.

Las reparaciones de motor son establecidas desde la concepción y fabricación del mismo; el fabricante proporciona procedimientos, metodologías y tolerancias a ser cumplidas para garantizar el buen funcionamiento de cada motor después de llevar a cabo esta práctica. Según García et al. (2021), “existe una gran necesidad en los talleres de servicio automotriz por desarrollar nuevas herramientas aplicadas al monitoreo, diagnóstico y detección de fallas en MCI con el objetivo de incrementar su vida útil y minimizar los gastos de mantenimiento” (p. 2). González et al. (2010) expresan que:

En la actualidad el consumo de combustible de los motores de combustión interna (MCI) a partir de derivados del petróleo, tiene una vital importancia

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

teniendo en cuenta el alto costo de los mismos, así como el progresivo agotamiento de las reservas. (p. 1)

La reparación es una práctica cotidiana en la mayoría de los talleres automotrices, sin embargo, el cumplimiento de los procedimientos y tolerancias especificadas por el fabricante del vehículo y del motor son cumplidas parcialmente. García et al. (2016) afirman que “los procesos de combustión mejoran con el uso de mezclas etanol-gasolina” (p. 91)). Por su parte, Piloto et al. (2008) en su estudio, observaron que “los gases contaminantes, excepto las emisiones de NOx y CO, disminuyen o permanecen constantes con el uso del biocombustible” (p. 33). Para Posada (2013):

El consumo de combustible está asociado a variables como las características del vehículo, carga transportada y carretera por la que se circula, por lo que se considera dentro de la estructura de costos de operación vehicular como una componente variable, representando entre el 20 % y 60 % de estos costos. (p. 35)

Hay varios motivos por los cuales se puede necesitar reparar un motor de combustión interna, aquí se mencionan algunos de los más comunes:

- Fallo en componentes clave: Si alguno de los componentes primordiales del motor, como el árbol de levas, el cigüeñal, los pistones o las bielas, falla, podría el motor completo requerir ser reparado o reemplazado.
- Sobrecalentamiento: Si el motor se sobrecalienta debido a una falla en el sistema de enfriamiento, puede causar daños graves a los componentes internos, lo que puede requerir reparaciones importantes o incluso la sustitución del motor.
- Desgaste natural: El desgaste natural de los componentes internos del motor, como los anillos de pistón, los cojinetes de biela y los cojinetes de cigüeñal, con el tiempo puede provocar una pérdida de presión de aceite, pérdida de compresión y/o un aumento en el consumo de aceite, lo que puede requerir reparaciones o sustitución de piezas.

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

Pozo et al. (2014) declaran que el análisis de aceite “constituye un soporte para el mantenimiento predictivo y proactivo del equipo, que busca alargar su vida, lo que acarrea importantes ventajas económicas” (p. 1).

Álvarez & Hernández (2020) manifiestan que “numerosos trabajos investigativos se han llevado a cabo con el objetivo de proponer técnicas para la detección y diagnóstico temprano de fallas en los motores de combustión interna” (p. 2). El objetivo de este trabajo fue analizar el estado preliminar de un motor de combustión interna de un vehículo Chevrolet Optra en pro de desarrollar criterios de decisión basados en el cumplimiento de tolerancias y ajustes permitidos para los procesos de reparación. De este modo, se buscó enfatizar la importancia del cumplimiento de procedimientos de reparación y la toma en cuenta de las tolerancias permitidas por el fabricante y por parte del profesional de la rama automotriz, a fin de restablecer de manera efectiva el estado general del motor.

MÉTODO



Figura 1. Chevrolet Optra.
Elaboración: Los autores.

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

El Chevrolet Optra, es un vehículo producido por el fabricante estadounidense General Motors, bajo la dirección de la división asiática Daewoo desde el año 2001. Es un cinco plazas con motor delantero transversal de origen Holden y tracción delantera, que reemplaza al Daewoo Nubira. El automóvil es impulsado por un motor de 1.8 litros Holden GM Family E-TEC II, cuatro cilindros en línea, doble árbol de levas a gasolina con un sistema de inyección multipunto.

El vehículo estudiado contaba con 145000 km, problemas de fugas de aceite por tapa válvulas, quema de aceite en la cámara de combustión evidenciado en la presencia de humo azul proveniente del sistema de escape, ruidos rotacionales provenientes del cigüeñal del motor, alta compresión por presencia de aceite en la interfaz entre rines de compresión- cilindro y en bujías de encendido. Así se muestra en la figura 2.

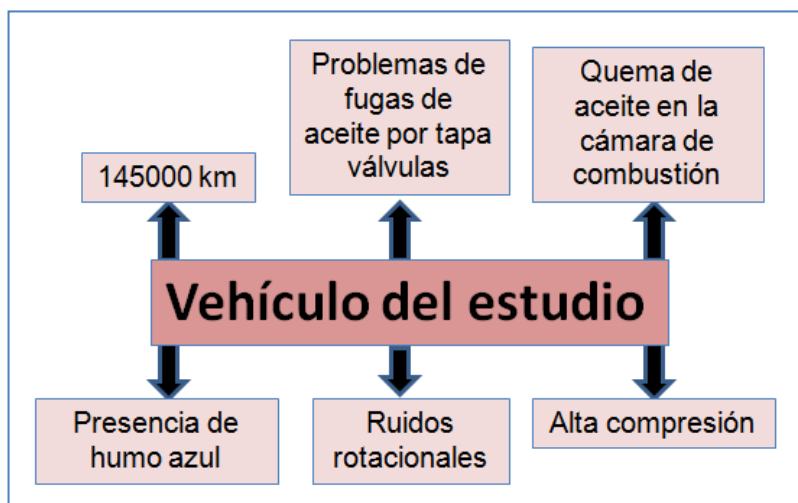


Figura 2. Vehículo en estudio.

Elaboración: Los autores.

Las labores de reparación del vehículo se llevaron a cabo en las instalaciones del taller de la Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES, con el equipamiento y la infraestructura que este proporciona. Así se detalla en la figura 3.

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

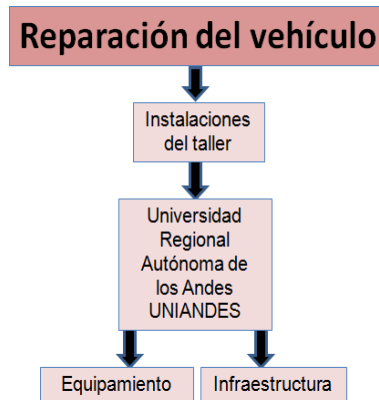


Figura 3. Sitio de reparación del vehículo.

Elaboración: Los autores.

El análisis se sustentó en un enfoque cuantitativo de tipo experimental. En el proceso de reparación se evaluaron las tablas de rangos de tolerancias de los desgastes y rectificación de partes internas del motor para determinar la práctica adecuada de acuerdo con el estado de cada componente comparado con los valores máximos de rectificación permitidos por el fabricante del motor en milímetros. (Figura 4)

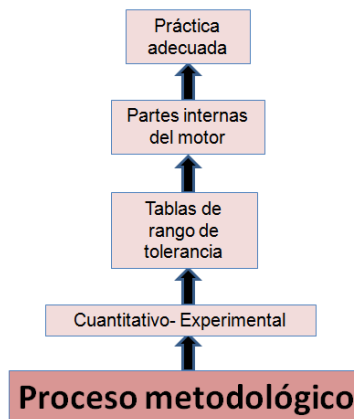


Figura 4. Proceso metodológico.

Elaboración: Los autores.

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

RESULTADOS

Rectificación de un motor de combustión interna a gasolina.

La rectificación de motores a combustión interna a gasolina es un proceso fundamental para mantener el funcionamiento eficiente y seguro del vehículo. Este proceso implica el rectificado de componentes críticos del motor, como los cilindros y el cigüeñal, para restaurar sus dimensiones originales y garantizar un rendimiento óptimo del motor. En este proyecto se describirá el proceso de rectificación de un motor de combustión interna a gasolina, sus etapas y técnicas utilizadas. (Figura 5)

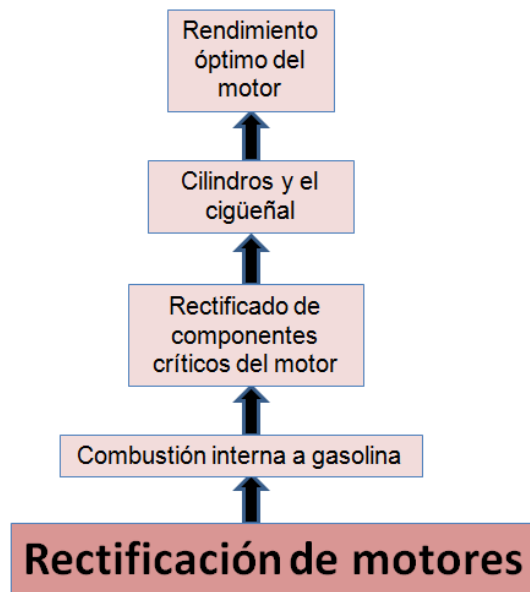


Figura 5. Rectificación de motores.

Elaboración: Los autores.

Tolerancias de un motor de combustión interna a gasolina

Las tolerancias son medidas de precisión en un motor de combustión interna a gasolina, que garantizan su correcto funcionamiento y evitan el desgaste prematuro de las piezas. Estas medidas se refieren a las holguras entre piezas móviles, así como las dimensiones y la redondez de los componentes del motor. En este informe, se

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

describirán las tolerancias típicas de un motor de combustión interna a gasolina y la importancia de mantenerlas dentro de los límites especificados. A continuación se detallan en la figura 6 y se detallan.

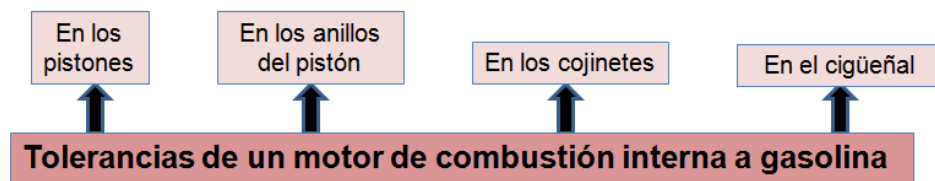


Figura 6. Tolerancias de un motor de combustión interna a gasolina.

Elaboración: Los autores.

- **Tolerancias en los pistones**

Las tolerancias en los pistones se refieren a la holgura entre los pistones y los cilindros. Si la holgura es demasiado grande, puede causar un aumento en el consumo de aceite y una pérdida de potencia del motor. Por otro lado, si la holgura es demasiado pequeña, puede causar un sobrecalentamiento del motor y daños en el pistón. Las tolerancias típicas para la holgura del pistón son de 0.0015 a 0.003 pulgadas.

- **Tolerancias en los anillos del pistón**

Las tolerancias en los anillos del pistón se refieren a la holgura entre los anillos del pistón y las ranuras del pistón. Si la holgura es demasiado grande, puede causar una fuga de compresión, lo que reduce la eficiencia del motor y aumenta el consumo de aceite; si la holgura es demasiado pequeña, puede causar un agarrotamiento del anillo del pistón y dañar el cilindro. Las tolerancias típicas para la holgura del anillo del pistón son de 0.001 a 0.003 pulgadas, el correcto ajuste son la tolerancia dimensional y las tolerancias geométricas o de forma, definiendo los diámetros límite, mínimos y máximos de los asientos de los rodamientos.

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

- **Tolerancias en los cojinetes**

Las tolerancias en los cojinetes se refieren a la holgura entre los cojinetes de la biela y el cigüeñal. Si la holgura es demasiado grande, puede causar un ruido y una vibración excesivos, lo que puede dañar el motor, si la holgura es demasiado pequeña, puede causar un agarrotamiento del cojinete y dañar el cigüeñal. Las tolerancias típicas para la holgura de los cojinetes son de 0.001 a 0.003 pulgadas.

- **Tolerancias en el cigüeñal**

Las tolerancias en el cigüeñal se refieren a la redondez y la rectitud del eje del cigüeñal. Si el cigüeñal no está recto o no es lo suficientemente redondo, puede causar un desgaste prematuro de los cojinetes y una vibración excesiva del motor. Las tolerancias típicas para el diámetro del cigüeñal son de 0.0005 a 0.0015 pulgadas.

El proyecto evidenció procesos de reparación anteriores en el motor, material del presente análisis con valores desviados de las medidas originales o estándar del diámetro del cilindro, anillos de pistón, cojinetes de biela y cojinetes de bancada.

Tabla 1.
Datos de rectificación del motor.

Datos de Rectificación Chevrolet Optra 1.8 (mm)								
Elementos de motor	Estándar	Medidas Encontradas	Diferencia encontrada	Medidas después de rectificadora	Diferencia final	Tolerancia maxima según fabricante	Rectificación máxima	Cumplimiento
Diámetro del cilindro	80,5	81	0,50	81,25	0,75	0,0065	1	SI
Anillos de los Pistones	80,5	81	0,50	81,25	0,75	0,6	1	SI
Cojinetes de biela	50	50,75	0,75	50,75	0,75	0,004	1	SI
Cojinetes de bancada	59,1	60,1	1	60,1	1	0,042	1	SI

Elaboración: Los autores.

Según la tabla 1, se determinó que, para el diámetro del cilindro, codos y cojinetes de biela, era necesario labores de rectificación de más 0,25 mm al encontrarse dentro del valor permitido de rectificación, alcanzando así más de 0,75 mm; por el contrario, los codos de cigüeñal se encuentran en el límite de rectificación y, exceder este valor,

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

puede conllevar a comprometer la integridad de este componente y, por ende, de todo el motor.

DISCUSIÓN

El no cumplimiento de las tolerancias máximas establecidas por el fabricante en el manual de este motor compromete de manera sustancial la vida útil del mismo

El rendimiento y funcionamiento del motor reconstruido en este proyecto fue restituido con el claro sacrificio en la vida útil del mismo, al encontrarse al límite de tolerancia en un elemento clave como es el cigüeñal.

Se sugiere que la medida de la vida útil del motor sea evaluada tras un seguimiento del kilometraje recorrido a partir del proceso de reparación del motor y un control del mantenimiento preventivo. Así se detalla en la figura 7.

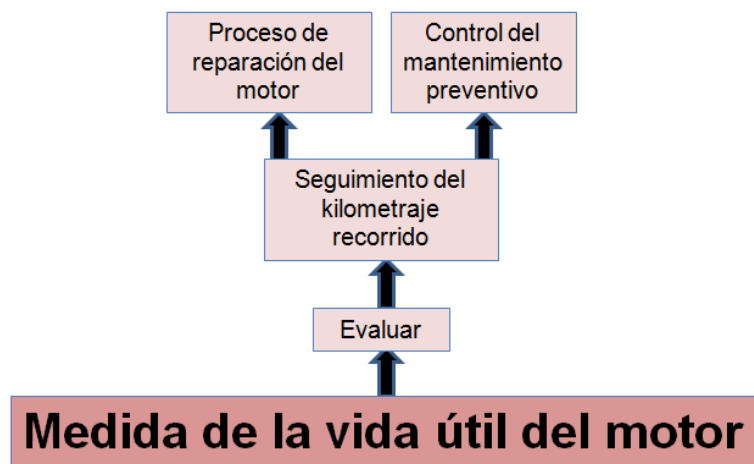


Figura 7. Medida de la vida útil del motor.

Elaboración: Los autores.

CONCLUSIONES

La reparación del motor de un vehículo con motor de 1.8 litros requiere una

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

metodología rigurosa y una comprensión completa de los componentes y sistemas del motor. Es importante realizar un diagnóstico preciso, identificar los problemas específicos y llevar a cabo las reparaciones necesarias para garantizar un rendimiento óptimo

La rectificación de motores de combustión interna a gasolina es un proceso complejo que implica varias etapas clave. La selección de técnicas y herramientas adecuadas es esencial para llevar a cabo el proceso de rectificación con éxito y garantizar que el motor se restaure a sus especificaciones originales.

La tolerancia de rectificado es un aspecto crítico en el proceso de rectificación de un motor, ya que puede tener un gran impacto en el rendimiento y la durabilidad del motor. Es importante seguir los criterios y recomendaciones adecuados para establecer una tolerancia de rectificado adecuada y asegurar que se respeten durante todo el proceso de rectificación.

Se debe asegurar que los pernos estén correctamente apretados. El torque adecuado es fundamental para garantizar que las piezas del motor estén seguras y funcionen correctamente. Si los pernos no están suficientemente apretados, puede haber fugas de aceite o refrigerante, lo que puede dañar el motor y causar una falla prematura. Por otro lado, si los pernos están demasiado apretados, puede causar deformaciones o roturas en las piezas del motor.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTOS

A todos los autores por sus relevantes aportes en el análisis documental del presente estudio.

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Álvarez, D., & Hernández, O. (2020). Propuesta de un nuevo programa de mantenimiento a los motores Hyundai de grupos fuel oil. [Proposal for a new maintenance program for Hyundai fuel oil group motors]. *Ingeniería Energética*, 41(2), 1-8. <https://n9.cl/kq10a>
- Arango, J., Sierra, F., & Silva, V. (2014). Análisis exploratorio de investigaciones sobre los motores de combustión interna que trabajan con biogás. [An exploratory analysis of existing research on internal combustion engines operating with biogas]. *Tecnura*, 18(39), 152-164. <https://n9.cl/9rzeb>
- García, A., Cendales, E., & Eslava, A. (2016). Motores de combustión interna (MCI) operando con mezclas de etanol gasolina: revisión. [Internal combustion engines (ice) fuelled using ethanol-gasoline blends: review]. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 26(1), 75–96. <https://n9.cl/1vz1mf>
- García, A., Saucedo, J., Pérez, Á., & Osornio, R. (2021). Análisis de falla de encendido en motores de combustión utilizando señales de vibración basado en el cálculo y reducción de indicadores. [Misfire analysis in combustion engines using vibration signals based on the calculation and reduction of statistical indicators]. *Científica*, 25(1), 1-11. <https://n9.cl/igrnv>
- González, R., Rodríguez, Y., García, Y., & Fernández, L. (2010). Consumo de combustible de los motores de combustión interna. [Consumption of fuel of the motors of internal combustion]. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1), 1-6. <https://n9.cl/boh38>
- Llanes, E., Guardia, Y., Andino, A., Cevallos, S., & Rocha, J. (2019). Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección. [Detection of faults in combustion engines through indicators of temperature and injection pressure]. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (22), 38-46. <https://n9.cl/21m4j>
- Martínez, F. (2022). Diagnóstico a través del aceite a motores de combustión interna. [Diagnosis through the oil to motors of internal combustion]. *Ingeniería Agrícola*, 12(2), 71-76. <https://n9.cl/uk726e>
- Piloto, R., Sierens, R., Verhelst, S., & Ferrer, N. (2008). Evaluación del funcionamiento de motores de combustión interna trabajando con biodiesel. [Evaluation of engine

Esteban Alejandro Proaño-García; Dennis Iván Pérez-Aldás; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete; Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

performance working with biodiesel]. *Ingeniería Mecánica*, 11(3), 33-38.
<https://n9.cl/3k06s>

Posada, J. (2013). Consumo de combustible en vehículos para transporte por carretera –modelos predictivos. [Fuel consumption in vehicles for highway transportation–predictive models]. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12(23), 35-46.
<https://n9.cl/g3nm2>

Pozo, J., Martínez, B., Rodríguez, I., Martínez, R., Herrera, A., & Cabral, J. (2014). Analysis of lubricating oil in internal combustion engines of electrical power generation plant. [Análisis del aceite lubricante en motores de combustión interna de centrales eléctricas]. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 37(3), 206-212. <https://n9.cl/8rpkz>

©2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)