

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

Monitoreo de NO_x, CO y HC en Vehículos de Combustión Interna: Implicaciones para la Regulación Ambiental

**Monitoring of NO_x, CO, and HC in Internal Combustion Vehicles:
Implications for**

Manuel Alejandro Cruz Quintero

d.macruzq@lalaguna.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0001-9795-8121>
Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de la Laguna
Torreón Coahuila – México

Francisco Gerardo Flores Garcia

fgfloresg@correo.itlalaguna.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6661-8191>
Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de la Laguna
Torreón Coahuila – México

Ramon Humberto Sandoval Rodriguez

Int.rhsandovalr@lalaguna.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0007-0158-0712>
Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de la Laguna
Torreón Coahuila – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4003>

Artículo recibido: 16 de mayo de 2025

Aceptado para publicación: 29 de mayo de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4003>

Monitoreo de NO_x, CO y HC en Vehículos de Combustión Interna: Implicaciones para la Regulación Ambiental

Monitoring of NO_x, CO, and HC in Internal Combustion Vehicles:
Implications for

Manuel Alejandro Cruz Quintero

d.macruzq@lalaguna.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0001-9795-8121>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Laguna
Torreón Coahuila – México

Francisco Gerardo Flores Garcia

fgfloresg@correo.itlalaguna.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6661-8191>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Laguna
Torreón Coahuila – México

Ramon Humberto Sandoval Rodriguez

Int.rhsandovalr@lalaguna.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0007-0158-0712>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Laguna
Torreón Coahuila – México

Artículo recibido: 16 de mayo de 2025. Aceptado para publicación: 29 de mayo de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La contaminación atmosférica es una de las problemáticas ambientales más críticas a nivel global, con impactos significativos en la salud pública. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2019, aproximadamente el 68% de las muertes relacionadas con la contaminación del aire estuvieron vinculadas a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares. En respuesta a esta problemática, el gobierno de México ha implementado diversas normativas ambientales con el propósito de regular las emisiones generadas por los vehículos de combustión interna y reducir su impacto en la calidad del aire. Entre estas regulaciones, la NOM-041-SEMARNAT-2015 (SEMARNAT 2015) establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de automóviles que utilizan gasolina y gas como combustible. Este estudio presenta los resultados del monitoreo de emisiones realizado en la ciudad de Torreón, Coahuila, en colaboración con el centro de verificación vehicular local. Se evaluó una muestra representativa de vehículos para determinar su grado de cumplimiento con la normativa vigente y analizar su impacto en la calidad del aire urbano. La metodología incluyó la medición de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y el factor lambda. Además, los datos obtenidos se utilizarán como base para futuras investigaciones orientadas a optimizar los sistemas de monitoreo.


Palabras clave: verificación vehicular, monóxido de carbono, hidrocarburos, OBDII, óxidos de nitrógeno, normas mexicanas

Abstract

Air pollution is one of the most critical environmental issues worldwide, with significant impacts on

public health. According to the World Health Organization (WHO), in 2019, approximately 68% of deaths related to air pollution were linked to ischemic heart disease and cerebrovascular accidents. In response to this issue, the Mexican government has implemented various environmental regulations aimed at controlling emissions from internal combustion vehicles and mitigating their impact on air quality. Among these regulations, NOM-041-SEMARNAT-2015 (SEMARNAT 2015) establishes the maximum permissible emission limits for pollutants released from the exhaust of automobiles using gasoline and gas as fuel. This study presents the results of an emission monitoring campaign conducted in the city of Torreón, Coahuila, in collaboration with the local vehicle verification center. A representative sample of vehicles was evaluated to determine their compliance with current regulations and analyze their impact on urban air quality. The methodology included measuring carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NOx), and the lambda factor. Additionally, the data obtained will serve as a basis for future research aimed at optimizing monitoring systems.

Keywords: vehicle inspection, carbon monoxide, hydrocarbons, OBDII, nitrogen oxides, Mexican regulations

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

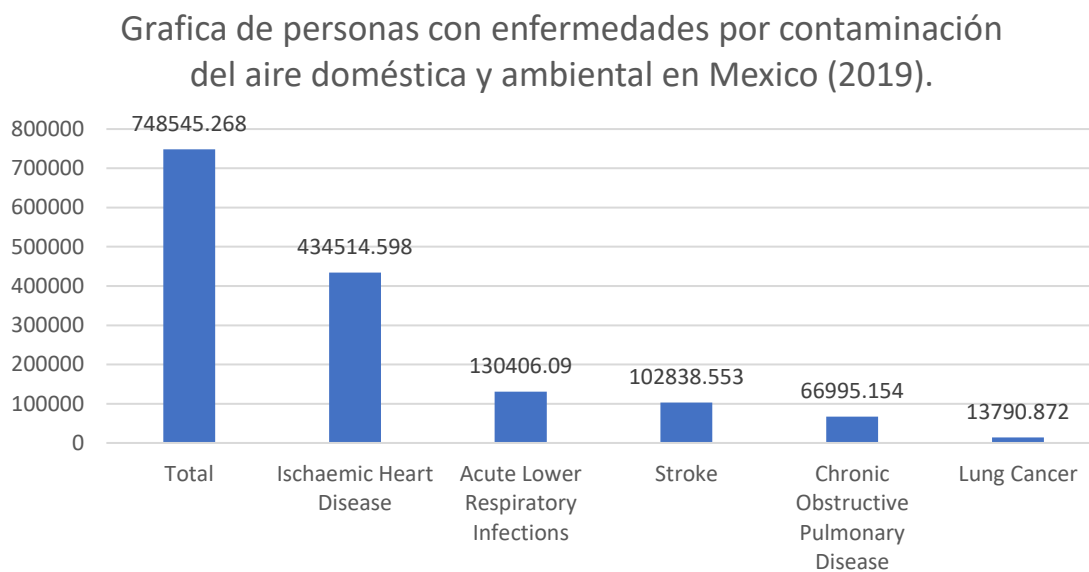
Cómo citar: Cruz Quintero, M. A., Flores Garcia, F. G., & Sandoval Rodriguez, R. H. (2025). Monitoreo de NOx, CO y HC en Vehículos de Combustión Interna: Implicaciones para la Regulación Ambiental. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (3), 1019 – 1029. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4003>

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud que afecta a todas las personas en los países de ingreso bajo, mediano y alto. La Organización Mundial de la Salud estima que en 2019 aproximadamente el 68% de las muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire exterior se debieron a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, el 14% se debieron a enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, el 14% se debieron a infecciones agudas de las vías respiratorias bajas y el 4% de las muertes se debieron a cánceres de pulmón (WHO 2024). Políticas para reducir la contaminación: • Tomar medidas contra la contaminación del aire, que es el segundo factor de riesgo para las enfermedades no transmisibles, es crucial para proteger la salud pública. • En el transporte: adopción de métodos limpios de generación de electricidad; priorización del transporte urbano rápido, las sendas peatonales y los carriles para bicicletas en las ciudades, así como el transporte interurbano de cargas y pasajeros por ferrocarril; utilización de vehículos pesados de motor diésel más limpios y vehículos y combustibles de bajas emisiones, especialmente combustibles con bajo contenido de azufre (WHO 2024). En el gráfico 1 se muestran los datos registrados por la Organización Mundial de la Salud en México el año 2019, los cuales muestran las principales enfermedades ocasionadas por la contaminación del aire al igual que el número de personas afectadas por esa enfermedad.

Gráfico 1

Gráfica con enfermedades por contaminación del aire, México (WHO 2019)



El gobierno de México ha implementado un conjunto de normas ambientales dirigidas a regular las emisiones de los vehículos de combustión interna, con el objetivo de reducir su impacto en la calidad del aire y proteger la salud de la población. Estas normativas son esenciales para garantizar que los vehículos en circulación cumplan con estándares específicos que minimicen la liberación de contaminantes nocivos al medio ambiente.

Una de las regulaciones más relevantes en este contexto es la NOM-041-SEMARNAT-2015 (SEMARNAT 2015), la cual establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores que utilizan gasolina y gas como combustible. Esta norma tiene como propósito principal mitigar los riesgos asociados a la exposición

prolongada a sustancias tóxicas y contribuir al control de la contaminación atmosférica, particularmente en zonas urbanas donde la concentración de vehículos es elevada.

De acuerdo con esta normativa, los vehículos deben ajustarse a límites específicos para distintos gases contaminantes que representan un peligro significativo tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Entre estos gases se encuentran:

Monóxido de carbono (CO).

Hidrocarburos no quemados (HC).

Óxidos de nitrógeno (NOx).

Factor lambda (λ).

Los límites establecidos se detallan en la tabla 1.

Tabla 1

Límites Máximos Permisibles de emisión del Método Estático

Año – Modelo Vehicular	Monóxido de carbono (CO% vol.)	Hidrocarburos (HC hppm)	Óxidos (O2% vol.)	Factor Lambda
1993 y anteriores	3	400	2	1.05
1994 - posteriores	1	100	2	1.05

Fuente: (SEMARNAT 2015).

Monóxido de carbono

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos o EPA por sus siglas en inglés (Environmental Protection Agency) describe al monóxido de carbono (CO) como un gas que no se puede ver ni oler, pero que puede causar la muerte cuando se lo respira en niveles elevados. El CO se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, kerosene, carbón, petróleo o madera. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefones y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores a kerosene, también pueden producir CO si no están funcionando bien. Los carros detenidos con el motor encendido también despiden CO. (EPA 1997).

Hidrocarburos

Por su parte el CONAHCYT menciona que los hidrocarburos son compuestos químicos orgánicos formados por hidrógeno y carbono. En la práctica se definen como hidrocarburos al petróleo y el gas natural ya que son una mezcla de varios hidrocarburos. El hidrocarburo más simple es el metano, que tiene fórmula química CH₄, lo que indica que está compuesto por un solo átomo de carbono y cuatro de hidrógeno (CNH 2023).

Óxidos de Nitrógeno

El Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes de España, describe a los óxidos de nitrógeno como un grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). El término NOX se refiere a la combinación de ambas sustancias.

El dióxido de nitrógeno es el principal contaminante de los óxidos de nitrógeno, y se forma como subproducto en todas las combustiones llevadas a cabo a altas temperaturas. Se trata de una sustancia de color amarillento, que se forma en los procesos de combustión en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato, que conllevan la producción de ácidos y elevados niveles de PM_{2,5} en el ambiente (ECHA 2021).

Factor Lambda

El factor lambda representa la relación óptima entre la mezcla de combustible y aire necesaria para una combustión eficiente en los motores de combustión interna. En los primeros vehículos equipados con carburador, esta mezcla se ajustaba manualmente según ciertos estándares, con el fin de adecuarla a la temperatura del motor. Sin embargo, con la introducción de los sistemas de inyección electrónica, dicho proceso ha sido automatizado y optimizado, lo que ha permitido un ajuste más preciso y un mayor control sobre la combustión.

Antecedentes

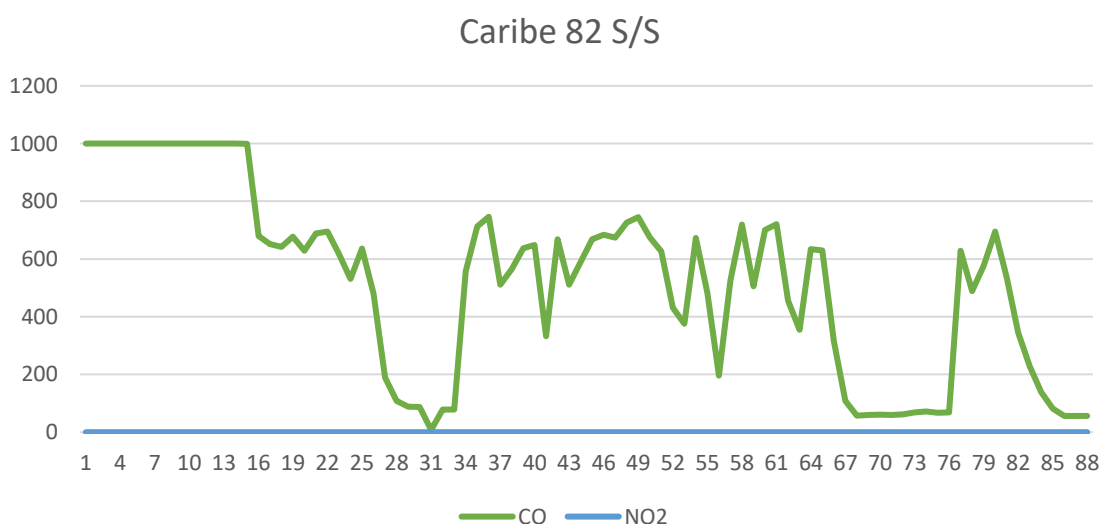
Una investigación previa realizada utilizando una Cámara para la Medición de Especies Contaminantes (CMEC), desarrollada en el Instituto Tecnológico de la Laguna en el área de posgrado, generó resultados que evidencian la importancia de implementar un mantenimiento preventivo en los vehículos. Este enfoque es esencial para prevenir la emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

Los contaminantes criterio son: monóxido de carbono, en la NOM-021-SSA1-1993 (SSA 1993a); dióxido de nitrógeno, en la NOM-023-SSA1-1993 (SSA 1993b).

A continuación, se presenta una comparación entre dos vehículos de diferentes modelos y marcas, destacando la cantidad de partículas por millón (PPM) de monóxido de carbono (CO) emitidas por cada uno de ellos en el gráfico 2 y 3.

Gráfico 2

Gráfica de emisiones Vehículo marca: Volkswagen, modelo: 1982 (Quintero et al. 2024)

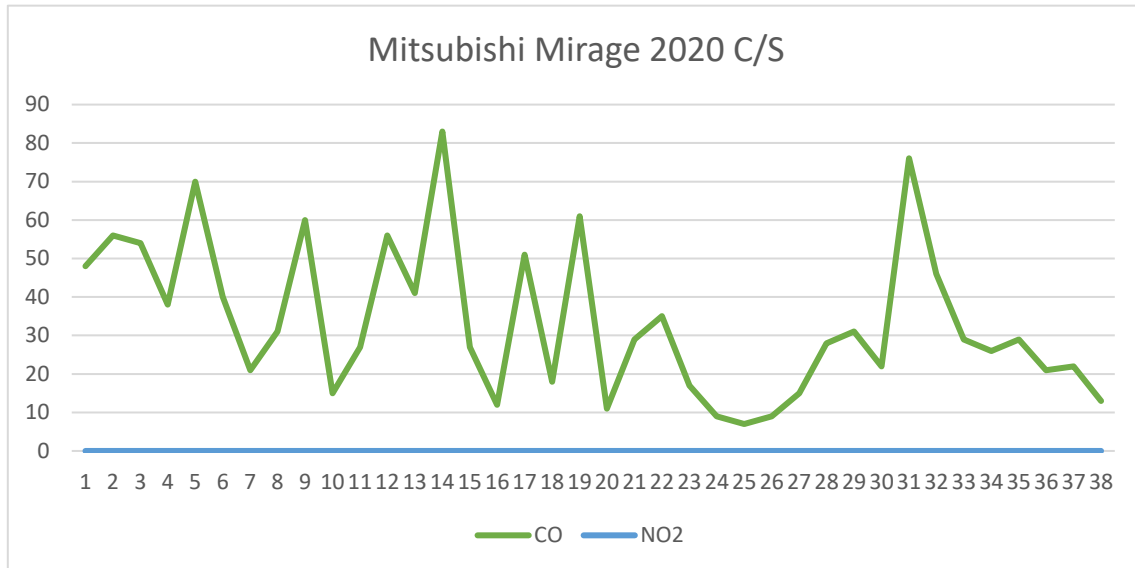


Eje x: Número de muestras tomadas.

Eje y: Partes Por Millón (PPM) de la concentración de los gases a medir.

Gráfico 3

Gráfica de emisiones Vehículo marca: Mitsubishi, Modelo : 2020 (Quintero et al. 2024)



Eje x: Número de muestras tomadas.

Eje y: Partes Por Millón (PPM) de la concentración de los gases a medir

Centro de Verificación Vehicular

Con la información obtenida, se solicitó una visita al centro de verificación vehicular ubicado en la ciudad de Torreón, Coahuila, México, donde se realizaron las pruebas necesarias utilizando los equipos que operan, los cuales están avalados y aprobados por la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Tras realizar las pruebas con el equipo de verificación vehicular, se observó la variación en las emisiones de los diferentes tipos de vehículos y los combustibles que estos emplean, como diésel, gas LP y gasolina. Nos enfocamos principalmente en este último combustible para el inicio de la investigación.

Los vehículos que acuden a un centro de verificación se clasifican en públicos y particulares. Los vehículos particulares corresponden a aquellos de uso privado, mientras que los vehículos públicos incluyen a los de actividades comerciales, como los materialistas o taxistas.

A pesar de que es una obligación para los propietarios de vehículos de combustión llevar sus automóviles a la verificación vehicular, muchos ignoran esta normativa. En contraste, los servicios públicos, los cuales están sujetos a una revisión semestral, deben cumplir con este proceso para obtener la autorización correspondiente que les permita desarrollar sus actividades.

METODOLOGÍA

Se utilizó una muestra de 163 vehículos públicos, los cuales fueron sometidos a pruebas utilizando el dispositivo de verificación vehicular. Tras la primera fase de la prueba, realizada mediante el sistema

OBDII (On-Board Diagnostics II), se observó que este sistema de diagnóstico a bordo, empleado en los vehículos, permite monitorear el rendimiento del automóvil y detectar posibles fallas.

OBDII es la segunda versión del OBD, que se modificó para encargarse también de monitorear el catalizador que afecta el nivel de emisiones del vehículo; para esto, se colocaron dos sondas que controlan el catalizador llamadas sondas lambda o sensores de oxígeno. Así como se encarga de revisar los componentes que afecten las emisiones de contaminantes, también manda una señal de alerta cuando ocurre alguna falla en el vehículo (CONUEE 2021).

En el proceso de verificación vehicular, la condición óptima del sistema OBDII (On-Board Diagnostics II) permite que un vehículo apruebe la evaluación sin necesidad de someterse a pruebas físicas adicionales. Sin embargo, en caso de que el vehículo presente fallas en su sistema OBDII o carezca de este, se procede a la segunda fase de pruebas.

Fase 1: Inspección Visual

La primera etapa consiste en una inspección visual del escape del vehículo para detectar la presencia de emisiones visibles, como humo blanco o negro. Si se identifican dichas emisiones, el vehículo es automáticamente "RECHAZADO". En caso contrario, se continúa con la siguiente fase de evaluación.

Fase 2: Análisis de Emisiones y Parámetros del Motor

En esta etapa, se inserta una sonda de muestreo de gases en el escape del vehículo para analizar las emisiones. Paralelamente, se conectan pinzas a la batería del automóvil para monitorear las revoluciones por minuto (RPM) del motor. Durante esta fase, se llevan a cabo dos pruebas principales:

Prueba en baja velocidad: Evaluación del motor a 600 RPM.

Prueba en alta velocidad: Evaluación del motor a 1200 RPM.

Un aspecto fundamental en esta fase es la verificación del estado del sistema de escape. Si se detectan fugas o rupturas, el vehículo es "RECHAZADO", ya que tales defectos pueden interferir con los sensores de oxígeno del equipo de medición, afectando la precisión de los resultados.

Factores que Afectan la Aprobación

Además del estado del escape, el tiempo de encendido del motor es un factor determinante en la evaluación. Si el motor no está correctamente sincronizado, el vehículo será automáticamente "RECHAZADO" debido a una combustión ineficiente y un consumo inadecuado de combustible.

En contraste, si el motor está en condiciones óptimas y cumple con los parámetros adecuados, se procede con las pruebas de emisiones. La evaluación se realiza conforme a los criterios establecidos en la NOM-041-SEMARNAT-2015 (SEMARNAT 2015), que define los límites permisibles de contaminantes.

Resultado Final

Tras completar el análisis de gases y parámetros del motor, el sistema de verificación emite un resultado final, que puede ser:

"APROBADO", si el vehículo cumple con los estándares de emisiones.

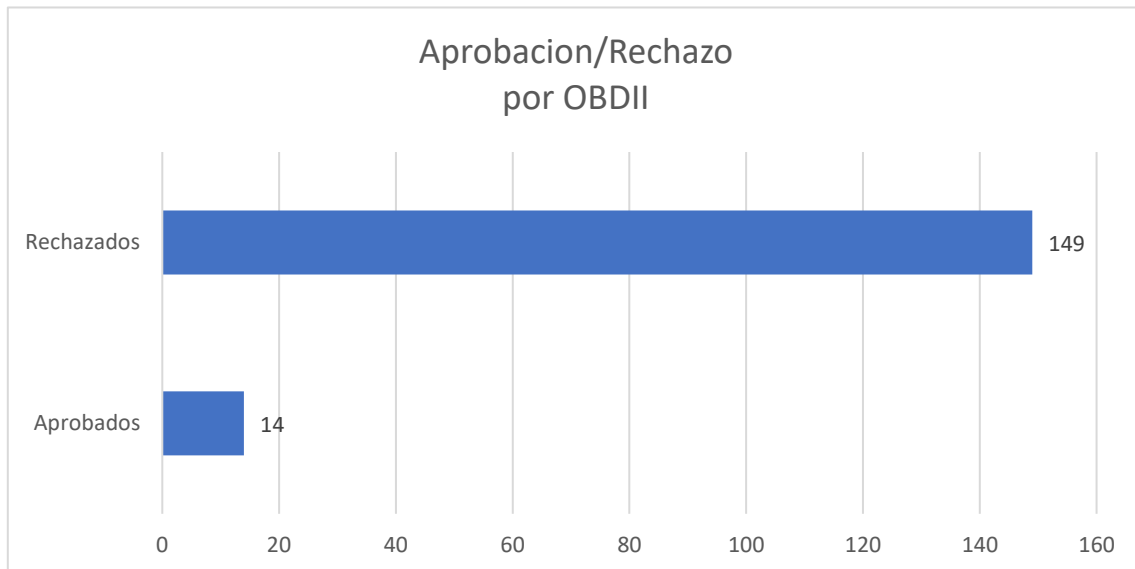
"RECHAZADO", si excede los límites permitidos o presenta fallas en su sistema de escape o sincronización del motor.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante gráficos, comenzando con la evaluación del sistema OBDII. En el gráfico 4, se muestra la cantidad de vehículos inspeccionados, así como la cantidad de aquellos que lograron aprobar la prueba, siendo estos una minoría.

Gráfico 4

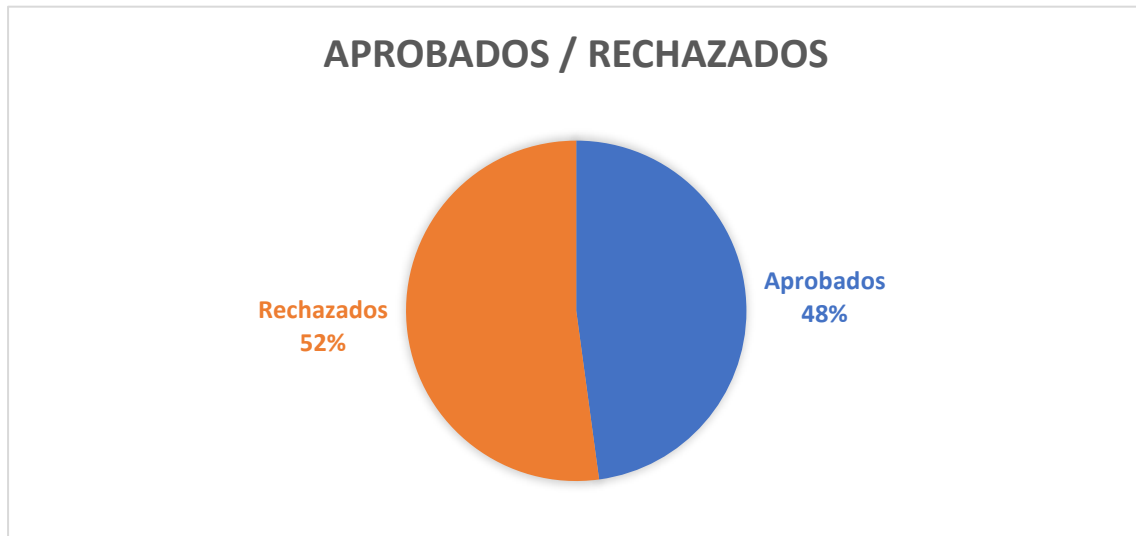
Gráfica de Aprobados y Rechazados por OBDII



Se procede con la segunda fase de pruebas, las cuales se realizan de manera física. En esta etapa, se observa una diferencia significativa en los resultados, ya que los 163 vehículos de la muestra original fueron evaluados nuevamente. El gráfico 5 muestra que, tras la aplicación de las pruebas físicas, la cantidad de vehículos aprobados aumentó de manera considerable.

Gráfico 5

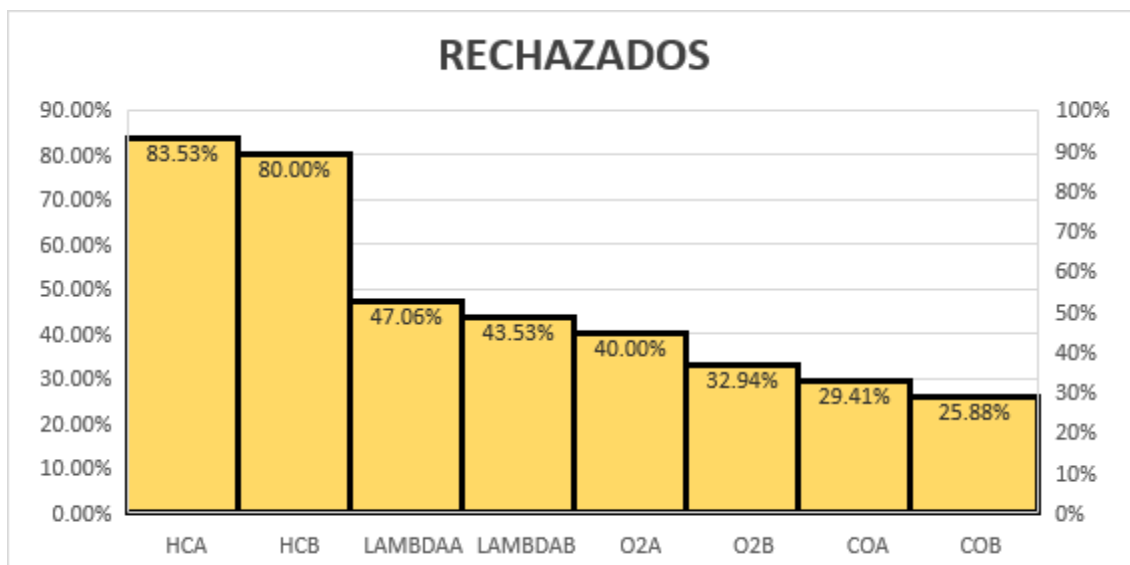
Resultados de aceptados y rechazados segunda fase



No obstante, se observa que más de la mitad de los vehículos evaluados continúan siendo rechazados. En el gráfico 6 se desglosan los motivos por los cuales 85 de los 163 vehículos no aprobaron la prueba. Los principales factores de rechazo son las emisiones de hidrocarburos en alta velocidad, seguidas por los hidrocarburos en baja velocidad. En tercer lugar, se encuentra el factor lambda en alta velocidad, seguido del mismo parámetro en baja. Finalmente, los óxidos y, en última posición, el monóxido de carbono, representan los factores restantes de rechazo.

Gráfico 6

Porcentaje y las principales causas de rechazos de vehículos



CONCLUSIONES

El presente estudio resalta la necesidad de fortalecer los canales de información dirigidos a la población para concientizar sobre la importancia del mantenimiento adecuado de los vehículos en la reducción de la contaminación ambiental. A través de la investigación, se constató que una parte significativa de los propietarios de automóviles desconoce el impacto que un funcionamiento deficiente de sus vehículos puede tener sobre la calidad del aire y, en consecuencia, sobre la salud pública.

Asimismo, los hallazgos destacan la relevancia de la contribución científica en el desarrollo de sistemas innovadores que optimicen los mecanismos reguladores ambientales. La implementación de nuevas tecnologías podría facilitar un monitoreo más preciso de las emisiones vehiculares y fortalecer las estrategias gubernamentales para la mitigación de gases contaminantes. Esto resulta especialmente crítico en el caso de los vehículos de combustión interna, que representan una de las principales fuentes de contaminación atmosférica a nivel global y están directamente vinculados con el aumento en la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Además, este estudio ha proporcionado información clave para el diseño de un proyecto futuro que busca colaborar con el gobierno estatal en la gestión y control de las emisiones generadas por vehículos tanto particulares como de transporte público. A través de este esfuerzo conjunto, se pretende establecer un sistema más eficiente de regulación ambiental que garantice una disminución significativa en los niveles de contaminación, contribuyendo así a la mejora de la calidad del aire y a la protección de la salud de la población.

REFERENCIAS

CNH (2023) Sistema de Información de Hidrocarburos [en línea] <https://sih.hidrocarburos.gob.mx/25/02/2025>

CONUEE (2021) comisión nacional para el uso eficiente de la energía conuee diagnóstico a bordo (obd) [en línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187221/diagnosticoabordo_1_260117.pdf 25/02/2025

Cruz Quintero, M. A., Flores García, F. G., & Cepeda Rubio, M. F. J. (2024). Cámara para medición de especies contaminantes: Contaminant Species Measurement Chamber. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(4), 1589 – 1603. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2362>

ECHA (2021) Substance Information [en línea] <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.030.234> 19/02/2025

EPA (1997) Proteja su vida y la de su familia: Evite el envenenamiento con monóxido de carbono [en línea] https://espanol.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/co_factsheet_sp.pdf 19/02/2025


SEMARNAT (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, México, 6 de marzo.

SSA (1993a). Norma Oficial Mexicana NOM-021 SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación, México, 11 de noviembre.

SSA (1993b). Norma Oficial Mexicana NOM-023 SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación, México, 11 de noviembre.

WHO (2019) Total burden of disease from household and ambient air pollution [en línea] <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/total-burden-of-disease-from-household-and-ambient-air-pollution> 20/11/2024

WHO (2024) Ambient (outdoor) air pollution [en línea] [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) 20/11/2024

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .