



Análisis de las Normativas INEN de Ecuador y Euro de la Comunidad Europea, en cuanto a las consideraciones Técnicas y Procedimientos para la medición de las emisiones de gases contaminantes de los vehículos

Analysis of the INEN Standards of Ecuador and Euro of the European Community, regarding technical considerations and procedures for the measurement of pollutant gas emissions from vehicles

Análise das Normas INEN do Equador e Euro da Comunidade Europeia, em termos de considerações técnicas e procedimentos para a medição das emissões de gases poluentes dos veículos

Carlos Paul Loza-Lalangui ^I

calozala@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4084-6567>

Henry Stalyn Quishpe Reinoso-Noble ^{II}

hequishpere@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6165-0512>

Juan Carlos Rubio-Terán ^{III}

jrubio@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5815-0154>

Correspondencia: calozala@uide.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de marzo de 2022 * **Aceptado:** 12 de abril de 2022 * **Publicado:** 6 de junio de 2022

- I. Estudiante de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II. Estudiante de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III. Ingeniero Mecánico Automotriz. MBA Mención PYMES. Doctorado en Educación. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

Resumen

Los países en el marco de los acuerdos internacionales e iniciativas individuales, establecieron controles para minimizar la emisión de contaminantes a la atmósfera. Uno de los agentes que generó mayor cantidad de gases de efecto invernadero fue la flota vehicular, en tal sentido los organismos de control de cada nación, estipulan procedimientos para la realización de revisiones vehiculares para aprobar que un determinado vehículo cumpliera con los límites de emisión de contaminantes y se le permitiera circular en esas condiciones. Algunos países como el Ecuador adoptaron las pruebas estáticas con base en la norma INEN 2204, mientras que en los países europeos se desarrollaron pruebas estáticas sustentadas en la norma EURO. El presente estudio consideró realizar un análisis comparativo para precisar la efectividad de una u otra norma en el logro de un parque automotor menos contaminante, para ello se aplicó como metodología el contraste de los resultados de una prueba estática y dinámica realizada en un vehículo marca Chevrolet Sail y correlacionándolo con los límites estipulados en norma ecuatoriana y europea. Como resultados destacados se tuvo, que los valores de HC, CO Y O₂ difieren significativamente, siendo mayores los determinados en las pruebas de revisión vehicular en el Ecuador, es decir, existe menos exigencia en las regulaciones ecuatorianas en lo que respecta a la cantidad de contaminantes que puede emitir un vehículo, solo al comparar las normas se detectan diferencias entre 100% y 210%, lo cual es una brecha considerable que debe ser evaluada por las autoridades de tránsito ecuatoriano.

Palabras clave: Pruebas estáticas; Pruebas dinámicas; Normas INEN; Normas EURO.

Abstract

The countries, within the framework of international agreements and individual initiatives, established controls to minimize the emission of pollutants into the atmosphere. One of the agents that generated the greatest amount of greenhouse gases was the vehicle fleet, in this sense the control organisms of each nation, stipulated procedures for carrying out vehicle reviews to approve that a certain vehicle complied with the emission limits of pollutants and allowed to circulate in those conditions. Some countries such as Ecuador adopted static tests based on the INEN 2204 standard, while European countries developed static tests based on the EURO standard. The present study considered carrying out a comparative analysis to specify the effectiveness of one or another norm in achieving a less polluting automotive fleet, for which the contrast of the results of

a static and dynamic test carried out in a Chevrolet brand vehicle was applied as a methodology. Sail and correlating it with the limits stipulated in Ecuadorian and European standards. As outstanding results, it was found that the values of HC, CO and O₂ differ significantly, being higher those determined in the vehicle inspection tests in Ecuador, that is, there is less demand in the Ecuadorian regulations regarding the amount of pollutants that a vehicle can emit, only when comparing the standards differences between 100% and 210% are held, which is a considerable gap that must be evaluated by the Ecuadorian traffic authorities.

Keywords: Static tests; Dynamic tests; INEN standards; EURO standards.

Resumo

No âmbito de acordos internacionais e iniciativas individuais, os países estabeleceram controlos para minimizar a emissão de poluentes para a atmosfera. Um dos agentes que gerou a maior quantidade de gases com efeito de estufa foi a frota de veículos. Neste sentido, os organismos de controlo de cada nação estipularam procedimentos para a realização de inspeções de veículos para aprovar que um determinado veículo cumpria os limites de emissão de poluentes e era autorizado a circular sob essas condições. Alguns países como o Equador adoptaram testes estáticos baseados na norma INEN 2204, enquanto que os países europeus desenvolveram testes estáticos baseados na norma EURO. O presente estudo considerou a realização de uma análise comparativa para determinar a eficácia de uma ou outra norma na obtenção de uma frota de veículos menos poluentes. Para este efeito, a metodologia aplicada foi o contraste dos resultados de um teste estático e dinâmico realizado num veículo Chevrolet Sail e correlacionando-o com os limites estipulados nas normas equatorianas e europeias. Os resultados mostraram que os valores de HC, CO e O₂ diferiram significativamente, sendo os determinados nos testes de revisão de veículos no Equador mais elevados, ou seja, há menos rigor nos regulamentos equatorianos no que diz respeito à quantidade de poluentes que um veículo pode emitir. Apenas quando se comparam as normas, foram detectadas diferenças entre 100% e 210%, o que constitui uma lacuna considerável que deve ser avaliada pelas autoridades de trânsito equatorianas.

Palavras-chave: testes estáticos; testes dinâmicos; normas INEN; normas EURO.

Introducción

Los vehículos en sus distintos modelos y marcas, representan en la actualidad un elemento determinante de la movilidad de las personas y el dinamismo de la economía de los países. En la actualidad los distintos países albergan cientos de miles y en algunos casos millones de vehículos, el crecimiento de la motorización (entendido como crecimiento vehicular) ha sido vertiginoso (Moncada et al. (2018). No obstante, así como ha generado múltiples beneficios también el sector automotriz es gran parte responsable de las implicaciones ambientales, específicamente de una cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo de gases de efecto invernadero (Huang, et al., 2022)

Como una manera de mitigar los impactos de las emisiones que generan los motores a gasolina o diésel, existen normas o regulaciones que deben ser cumplidas por el parque automotor que circulan en las vías; esto tomando en cuenta el año de fabricación y tipo de combustible empleado, por lo cual, estos deben ser sometidos a verificaciones periódicas. En el caso de Ecuador, estas revisiones se efectúan generalmente anualmente. Entre los objetivos que se persigue con este control por parte de los organismos de tránsito de los Estados es garantizar el cuidado del ambiente a través del aseguramiento de las condiciones en las que están operando los motores de los vehículos. Es decir, inspeccionando que no estén emitiendo gases contaminantes fuera de los rangos establecidos a causas de fallas mecánicas y otros detalles en el motor (Agencia Metropolitana de Tránsito, 2021). Para ello, se llevan a cabo las pruebas o evaluaciones de los gases emitidos en el sistema de escape del vehículo, con el fin de medir los diferentes gases resultados de la combustión que se genera en el motor; todo esto a través de equipos diseñados para tal fin. De acuerdo a la forma de realizar esta prueba se clasifican en estáticas y dinámicas (Martínez J. , 2020).

Los gases de escape de los vehículos representan un indicador de cómo está el funcionamiento del motor, además de ser la base para el sistema de diagnóstico de emisiones y pruebas (Checa, 2020). Tanto en Europa como en Ecuador se plantean un conjunto de disposiciones y realizan un grupo de evaluaciones conocidas como pruebas estáticas y dinámicas. Cada país ha adoptado normativas o protocolos que definen el empleo de una u otra, así, como valores referenciales o límites, que son usados para evaluar un vehículo que es sometido a revisión técnica. Rocha, et al. (2018) Mencionan que en el caso de Ecuador las pruebas estáticas se sustentan en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2-203:2000, la cual brinda especificaciones para la determinación de la concentración de emisiones de escape en condición Ralentí o mínima marcha.

Las pruebas en el bloque europeo son de tipo dinámicas y se rigen por las normas EURO de las cuales ya hay seis de estas disposiciones y se proyecta la norma EURO 7 (Infobae, 2021; Puškár & Kopas, 2018). Estas son establecidas para precisar las emisiones de gases de los vehículos tanto a diésel como a gasolina (Chávez C. , 2018). En las pruebas estáticas que se realizan en el Ecuador, las lecturas se toman pasando del ralentí bajo al alto, sin carga sobre el vehículo. Al no replicar las condiciones reales, existen posibilidades de error o no representatividad de los niveles de emisión de contaminantes al ambiente.

En el caso europeo, en las pruebas dinámicas se necesita el enriquecimiento de la mezcla, es decir, se incrementa la proporción de combustible versus la de aire. En este caso, y dependiendo de las condiciones del motor, se puede tener mayor proporción que la permitida de gases contaminantes que salen por el escape (Cárdenas et al., 2021; Arroyo et al., 2020). Adicionalmente, se realizan las evaluaciones de los vehículos con diversos tipos de carga, por lo que mientras más peso se necesita mover con el vehículo, más consumo de gasolina o diésel es necesario y por tanto mayor emisión de gases.

Investigaciones efectuadas en torno a la medición de gases han permitido construir un cúmulo de conocimientos que se tomaron en cuenta para contrastar las normativas ecuatorianas INEN y las europeas conocidas como EURO, así como las pruebas estáticas y dinámicas que se aplican en cada región o país. En este contexto, la investigación llevada a cabo por Antamba et al. (2016) Tuvo como objetivo fundamental; realizar una comparación de los valores producto de las lecturas obtenidas de las pruebas realizadas en vehículos en torno a las emisiones de gases contaminantes en los países que forman parte de la comunidad andina, a través de pruebas dinámicas y estáticas. Al respecto, el proceso de ensayo y mediciones de las pruebas estáticas se basaron en las normas NTE INEN 2204, para ello fueron tomados en cuenta aspectos de: régimen de alto giro, ralentí. También se destaca con relación a las pruebas dinámicas, que se ejecutaron de acuerdo con los ciclos americanos (ASM 25-25) y (50-50) con el fin de comparar los resultados que se obtuvieron. Así mismo, la investigación fue de tipo documental descriptivo, pues se desarrollaron análisis de pruebas y ensayos bajo las normas antes referidas.

Es importante resaltar que, de acuerdo con los resultados obtenidos por Atamba et al. (2016), producto de las pruebas estáticas y dinámicas efectuadas al vehículo Chevrolet Sail; considerado como el más vendido en el Ecuador, se desprende con respecto a la prueba estática (a ralentí) que

los vehículos en este país presentan menores emisiones que vehículos de otros países como Colombia y Bolivia. De este análisis es posible determinar que los combustibles sujetos a prueba cumplen con las normas NTE INEN 2204, pues los resultados demostrados están entre el límite máximo permitido para vehículos en ralentí de 200 ppm. En este orden de ideas, para los resultados derivados de las pruebas dinámicas; se tuvo que el combustible comercializado en Ecuador presenta valores de 0,16% CO, el cual es un porcentaje aceptable según la norma mencionada.

Rocha et al. (2018) En su proyecto investigativo, plantearon como objetivo central efectuar un análisis de los motores de encendido basado en parámetros internacionales para evaluar la variabilidad que presentan las pruebas tanto estáticas a ralentí (2500 ppm) como dinámicas (ASM 50-15), (ASM 25-25) Y (IM 240). Cabe destacar que este estudio contó con una metodología explicativa tomando como punto de partida la aplicación de un método experimental. Adicionalmente, se determinaron las cantidades en cuanto a los volúmenes de emisión de gases ante el uso de gasolina extra a través de las pruebas dinámicas y estáticas; a fin de obtener resultados óptimos, se efectuaron repeticiones de estas pruebas.

Mediante la aplicación de estas pruebas se estimó que las divergencias entre las emisiones de dióxido de carbono pueden ser más elevadas en los países que aplican normativas europeas. Con base en los resultados producto de los análisis de los gases de escape por medio de las pruebas aplicadas, se determinó que existe una variación en los valores de la prueba estática y la dinámica, esto se debe a que la exigencia respecto al motor en cada una de estas es diferente. En tal sentido, se observó que el motor en ralentí genera más gases en esta condición. Mientras que, en la prueba estática, se denota que cuando el vehículo acelera existe una disminución de los contaminantes, por ende, excede los límites estipulados en la norma.

Se extrae de este estudio que en la prueba estática el sistema de inyección del automóvil no trabaja correctamente, lo cual se debe a que el factor lambda varía entre 1.18 y 1.79, afectando el funcionamiento operativo del motor por causa del empobrecimiento de la mezcla. Por el contrario, para la prueba estática está cercano al factor 1, caracterizado por ser un parámetro aceptable para que se forme la mezcla estequiométrica (Rocha, et al., 2018)

Los estudios antes citados, evidencian una discrepancia en los criterios para implementar una prueba estática o dinámica y planteó la necesidad de conocer qué aspectos deben considerarse en un análisis comparativo de las pruebas dinámicas y estáticas, tomando en consideración las normas INEN de Ecuador y EURO del bloque europeo. Todo esto como fundamento para determinar su

efectividad, precisión y apropiada aplicación tomando en cuenta las particularidades de cada región o país.

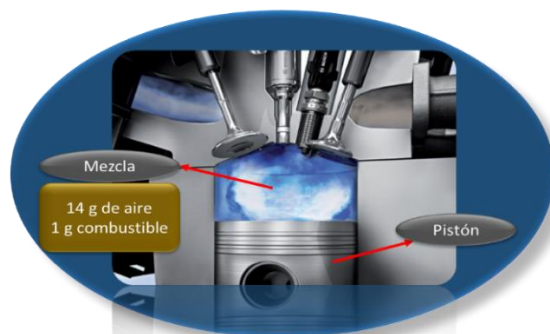
En esta investigación se tuvo como objetivo principal realizar un estudio comparativo de las consideraciones técnicas y procedimientos establecidos en las normativas INEN de Ecuador y EURO de la Comunidad Europea, para el desarrollo de pruebas dinámicas y estáticas en vehículos. Todo esto partiendo de una caracterización de dichas pruebas y precisando parámetros, consideraciones técnicas, unidades de medición.

El abordaje investigativo tomó en cuenta una indagación documental sobre las normas vigentes en el Ecuador y en Europa, bajo las cuales se sustentan las pruebas que se realizan en los vehículos para precisar el nivel de emisión de gases contaminantes. También se efectuó la comparación de los resultados de una prueba estática y dinámica llevada a cabo en el Ecuador a un vehículo Chevrolet Sail con las especificaciones descritas en la norma EURO 4. Los reportes de cada prueba se analizaron y compararon, tomando en cuenta cada parámetro, factores que pueden incidir en las mediciones, como es el caso de la altitud, entre otros.

Fundamento Teórico

Los vehículos al ser sometidos a carga y aceleraciones requieren de mayor cantidad de combustible por lo que es de esperarse un aumento en la cantidad de gases que emergen del proceso de combustión de la gasolina inyectada a las cámaras de combustión. En general, mientras mayor es la carga o peso adicional que necesita mover el vehículo, esté necesitará más energía, la cual es proporcionada por un volumen adicional de combustible (Arias & Ludeña, 2018). Los vehículos al desplazarse en planos inclinados deben vencer los efectos de la gravedad, también existen otras cargas como la fuerza de resistencia aerodinámica, la fuerza de tracción. Para poder compensar las cargas el motor debe quemar más combustible, es necesario enriquecer la mezcla a una relación estequiométrica gasolina-aire apropiada. En los motores a gasolina la relación ideal es 14:1, es decir 14 g de aire por cada gramo de combustible (Tapia, et al., 2018).

Figura 1. Mezcla ideal combustible-aire



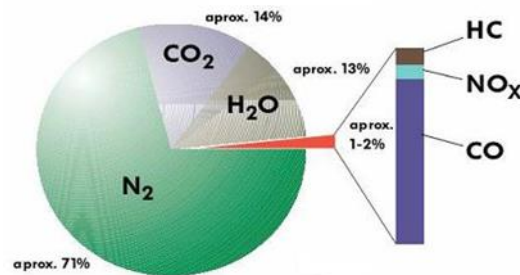
Fuente: los autores

Los vehículos han facilitado la movilidad y otros aspectos de la vida moderna, sin embargo, representan uno de los principales focos de contaminación del aire, lo que a su vez se convierte en una condición que repercute en la salud de los individuos (Matus et al., 2021). La Organización de las Naciones Unidas, proyecta alrededor de siete millones de muertes cada año a causa de la contaminación del aire (Tapia, et al., 2018). El óxido de nitrógeno que expulsan los vehículos, tiene como particularidad que contribuye a que se formen contaminantes secundarios en el aire y otras toxinas que causan enfermedades respiratorias (Agüero & Jiménez, 2021). Se pueden mencionar entre las consecuencias a la salud la mortalidad y morbilidad por inflamación de vías respiratorias, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, asma, rinitis alérgica, rinosinusitis crónica, inclusive el estrés oxidativo en sujetos que presentan patologías respiratorias puede generar incremento en la susceptibilidad a infecciones (González et al., 2022).

La mayoría de los vehículos, trabajan bajo el ciclo de Otto, es decir, el proceso termodinámico que se da en los motores de combustión interna. Básicamente, la combustión que se produce en el motor de los vehículos consiste en la quema del combustible para que este libere energía, la cual se transforma en trabajo, es decir, en movimiento (Llanes et al., 2018). Los gases de escape se generan a partir de la transformación que sufre el combustible en los motores durante el proceso de combustión (Jianbing, et al., 2022).

La generación de gases contaminantes, en proporciones mayores a las especificadas por el fabricante, está asociado a un mal funcionamiento del sistema de combustión en el motor (Cárdenas et al., 2021). Estos gases generan un gran impacto ambiental sobre la naturaleza y los seres humanos. Los principales gases generados por los motores de combustión de vehículos son el dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (Gao, et al., 2021).

Figura 2. Composición típica de los gases de escape en motores de gasolina



Fuente: Biodisol (2021)

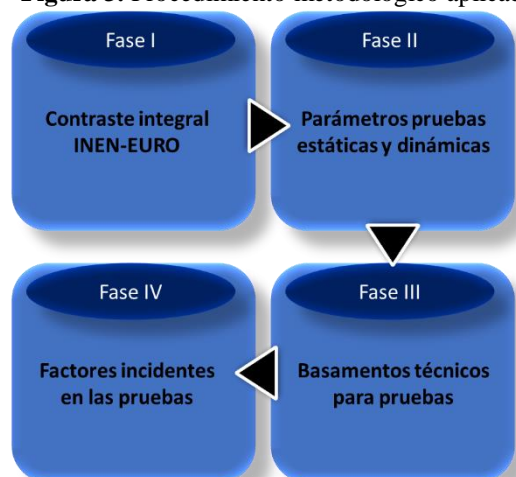
Para cumplir con los límites de emisión provenientes de las fuentes móviles terrestres de gasolina, no solo en el Ecuador sino en todo el mundo, los vehículos automotores son constantemente analizados y revisados para mejorar su tecnología (El Comercio, 2017).

Materiales y Métodos

Método

El estudio se encuadra en un proceso de indagación científica apoyado por una exhaustiva revisión documental. El trabajo se fundamentó en una investigación de alcance descriptivo, es decir y tomando en cuenta lo expresado por Hernández et al. (2014) Abordó el fenómeno estudiado y sus elementos constituyentes, especificando características y propiedades, precisando además tendencias. En este sentido, el presente trabajo consideró este alcance investigativo por cuanto describió al detalle, aspectos técnicos, procedimientos y demás consideraciones vinculadas a las pruebas estáticas y dinámicas en vehículos con base en las normas INEN y EURO. Esto fue base para la contratación de criterios y procesos aplicados tanto en Ecuador como en el bloque europeo respecto a las modalidades de prueba (estática o dinámica).

Figura 3. Procedimiento metodológico aplicado



Fuente: los autores

La evaluación se efectuó considerando los criterios establecidos tanto en las normas INEN como en la EURO. Para ello se extrajo los criterios de medición, los parámetros a ser medidos. Se realizó un contraste de las distintas pautas que indican el nivel de emisión de gases contaminante, así como las especificaciones que debe cumplir

Materiales

Para generar condiciones paritarias o proporcionales que faciliten comparar las pruebas estáticas que se realizan en el Ecuador con las efectuadas en Europa, se tomó como referencia análisis efectuados a un vehículo Chevrolet Sail, esto debido a que es uno de los más comunes y comercializados a nivel nacional y en la región europea. Este es uno de los modelos de autos más vendidos en el país, en tal sentido fue factible la ubicación de datos reales de pruebas realizadas.

Tabla 1. Características básicas del vehículo considerado en el estudio

Vehículo	Características
Chevrolet Sail	Año: 2013
	Motor 1.5 L
	Potencia 109 Hp
	Torque: 141 Nm

Fuente: Chevrolet (2022)

En el Ecuador existen tres tipos de gasolina la Super que tiene 92 octanos, la Eco País de 87 y 85 octanos, la Extra cuyo octanaje es igual a la de Eco País, pero dispone de un 5% de contenido de etanol (Jaramillo, 2021). En el caso europeo la gasolina de menor octanaje es de 95, pero igual se consigue de 98 octanos. Se buscó en este estudio tener condiciones similares, se optó por considerar resultados de pruebas en vehículos que hayan empleado el combustible descrito en la tabla 2.

Tabla 2. Características de la gasolina considerados en el estudio

Ecuador	Europa
Nombre: Super	Nombre: Sin plomo 95
Octanaje:92	Octanaje:95

Fuente: Petroecuador (2019) Repsol (2022)

Las normas que fueron consideradas para realizar la comparación de los criterios y parámetros de medición tanto de pruebas estáticas como dinámicas se exponen en la tabla 3.

Tabla 3. Normas consideradas en el estudio

Ecuador	Europa
Norma INEN	Norma Euro
Número: 220421	Euro 4

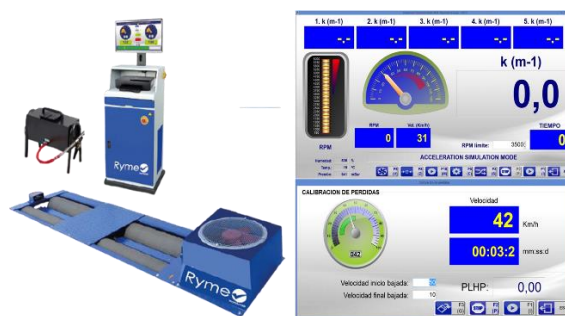
Fuente: Chevrolet (2022)

Equipos de apoyo a las pruebas de medición de gases en vehículos

Las pruebas estáticas o dinámicas se realizan a través del empleo de un sistema compuesto de manera principal por el dinamómetro y la máquina de medición de gases (Rocha, et al., 2018). En lo que respecta a los dinamómetros, se sabe que estos son instrumentos empleados para medir fuerzas y en el contexto de pruebas a vehículos, estos miden el par y la potencia que produce una máquina, en este sentido el dinamómetro automotriz determina el torque y los caballos de fuerza que puede generar un vehículo.

El sistema integrado para la realización de las pruebas es conocido como banco de pruebas, esta herramienta que facilita generar las condiciones y la obtención de lecturas, estos pueden categorizarse o clasificarse tomando en cuenta el lugar de medición del torque y la potencia o con base al principio de medición de los parámetros. En el primer caso, se tienen el banco de prueba sobre el chasis, el banco de pruebas de motores, mientras que en el segundo grupo se dispone del banco inercial y el banco de absorción (Marruedo, 2016). Para el caso del estudio, se consideró un esquema similar al de la figura 4, donde se cuenta con un módulo analizador de humo, la consola de control soportada por un software que permite una interfaz con el usuario mostrando las lecturas que se van tomando, rodillos, simulador de cargas mediante el freno Foucault e incluso un ventilador que se ubica a nivel del freno para evitar el recalentamiento.

Figura 4. Banco de prueba y software de apoyo a la medición de parámetros



Fuente: (Ryme Worldwide S.A, 2022)

Otro de los equipos que se consideraron en el estudio son los referentes a la comprobación y medición de gases contaminantes como el opacímetro, este equipo facilita conocer la opacidad en porcentaje (%) así como proveer los parámetros que permiten determinar el coeficiente de absorción luminosa (K en m^{-1}) en los gases que emiten los vehículos (Sugeng, et al., 2020). Esta información en torno a la proporción de combustible que no es quemado. Es de destacar que, la opacidad es una propiedad óptica, de tal manera que este equipo está dotado de una fuente de emisión de luz y un detector, el cual se encarga de realizar el registro de la radiación que pasa a través de la columna de humo, dando de este modo una respuesta espectral que se transforma en una lectura de opacidad.

Figura 5. Opacímetro



Fuente: Rodrigo (2022)

En las pruebas estáticas se empleó el medidor de gases que permite tomar lecturas de los componentes de las emisiones como O₂, CO₂, CO y HC, también se puede tener el cálculo del valor de Landa. Este es un equipo especial y sensores para precisar la concentración de gases a partir de una muestra que se toma directamente del tubo de escape del vehículo (Pérez, 2020).

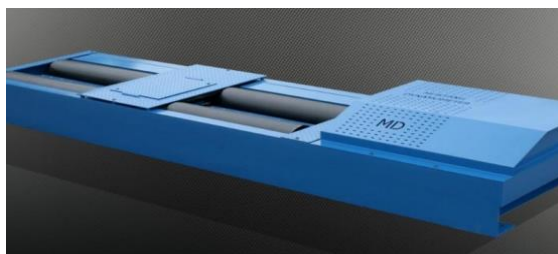
Figura 6. Medidor de gases



Fuente: MAHA (2022)

Las pruebas dinámicas se realizaron con el apoyo de un dinamómetro dinámico o mejor conocido como dinamómetro de chasis (López, 2019). Este es un equipo de prueba en que se simulan las aceleraciones al mismo tiempo que se miden las emisiones de gases. En otras palabras, se replican las condiciones que tendría un vehículo en carretera bajo un entorno controlado.

Figura 7. Dinamómetro de chasis



Fuente: Autotools (2022)

Resultados y Discusión

Comparativas generales

La indagación en torno a la efectividad de las normas aplicadas en Europa versus la empleada en el Ecuador llevó a realizar una macro comparación desde el contexto de los niveles de contaminación, considerándose los valores de la calidad del aire en un país del bloque europeo como España y el Ecuador. Los niveles de gases contaminantes en Ecuador se han superado en reiteradas oportunidades según reporte de la Secretaría de Ambiente del Ecuador, mientras que en España el informe anual indica que todos los parámetros con el que se monitorea la calidad del aire CO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} no han sido superados en los últimos años. Esto permitió inferir que hay una efectividad por parte de los mecanismos de control en países europeos y en especial por el cumplimiento de las normas EURO.

Las normativas europeas tienden a tomar como referencia los valores máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud. En el caso de Ecuador, como país que ha asumido compromisos internacionales en materia de cuidado del ambiente igualmente establece valores límites referenciales que condicionan el máximo de emisión de contaminantes por parte del parque automotor. Como puede apreciarse en la Tabla 4, los niveles máximos que plantea el Ecuador y Europa difieren en algunos parámetros significativamente, mientras que en los otros son similares o muy cercanos. Comparando, los límites de los contaminantes, se apreció que, en el caso del bloque europeo la variable PM₁₀ los niveles máximos anuales que se deberían identificar en el ambiente serían de 40 µg /m³, mientras que en el Ecuador es de 50 µg /m³ esto permitió inferir que existe una mayor tolerancia en la emisión de PM₁₀ por lo cual es de esperarse que haya menor exigencia en las normas que controlan los niveles de gases que pueden ser emitidos al ambiente.

Para el caso del CO₂ las exigencias europeas establecen que no debe ser superior a 10 mg/m³ en 24 h y en el Ecuador 60 ppm en 8 horas. Muchos de los vehículos que importa en el territorio ecuatoriana provienen de Europa, los cuales están calibrados según las condiciones y unidades de medición que se utilizan en esta región. Esto es favorable porque los niveles de exigencias en cuanto a la emisión de gases contaminantes son mayores que en el Ecuador. Al momento de las pruebas vehiculares, se determinó que, existe un factor que genera un margen de error indirecto, aun cuando los equipos de medición pueden estar calibrados, la variación de unidades origina que se presente un margen de error al momento de convertir las lecturas a las unidades que emplea cada país o región. Mientras que en Europa el CO₂ se monitorea en mg/m³ en 24 h, en Ecuador es en ppm en 8 horas.

Tabla 4. Límites de emisión de contaminantes, normas generales para el monitoreo de gases contaminantes

	OMS		EUROPA		ECUADOR	
	Anual	24h	Anual	24h	Anual	24h
PM ₁₀ (µg /m ³)	20	50	40	50	50	100
PM _{2.5} (µg /m ³)	10	25	10	25	15	50
NO ₂ (µg /m ³)	40	4800	40	4800	40	---
SO ₂ (µg /m ³)	---	20	20	125	60	125
Otros límites						
CO ₂	----		10 mg/m ³ en 24 h		60 ppm en 8 horas	

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (2020), UNICEF (2020)

Tomando como referencia a uno de los países europeos con mayor dinamismo en cuanto al tráfico vehicular como base para contratar con las condiciones presente en el Ecuador, se tiene que el parque automotor, específicamente de vehículos livianos de España para el año 2020 era de 24.558.126, mientras que para Ecuador según INEC (2020) esta era de 2.361.175 vehículos, es decir, equivalente a un 9% de la cantidad existente en el país europeo. Si se analiza los niveles de

CO que produjo España en el 2020 este fue de 214,847 megatoneladas, si la cantidad de vehículos fuese similar a la de Ecuador esta cifra hubiera sido de 20.656 gigatoneladas, lo que significa que estaría considerablemente por debajo de lo que tuvo Ecuador para ese mismo año, cuyo valor reportado fue de 33.279 megatoneladas, lo que permitió deducir que los controles de emisión de vehículos en el país europeo son más efectivos que en el Ecuador.

Tabla 5. Comparación de niveles de contaminantes como base del contraste de la calidad del aire España vs Ecuador año 2019-2020

	España		Ecuador	
	2019	2020	2019	2020
CO ₂ (Megatoneladas)	255,831	214,847	40,007	33,279
NO ₂ (µg /m ³)	127	131	19,6	16,4
PM ₁₀ (µg /m ³)	46	45	33,2	32
PM _{2.5} (µg /m ³)	11,5	11	15,7	13,4

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (2020) Secretaria de Ambiente del Ecuador (2019) Secretaría de Ambiente (2022)

Comparativa de integral de las normas

El estudio comparativo de las normas que determinan las condiciones y consideraciones para la evaluación de gases en Europa y en el Ecuador, permitió detectar las variaciones, fortalezas y debilidades en cada una, así como el desarrollo de las pruebas estáticas o dinámicas a los vehículos. Para Ecuador, la norma 2204 establece los límites que los vehículos a gasolina pueden emitir en cuanto a los gases contaminantes. Se tiene un valor máximo para el CO de 6,5% y 1% para el humo que generan los vehículos. Ahora bien, con base a la antigüedad se tiene que, los vehículos anteriores o iguales a 1989 se le es permitido hasta 6,5% de CO, mientras que los que se fabricaron en el intervalo correspondiente a 1989 y 199 el valor máximo es de 3,5%. Finalmente, para los que fueron fabricados a partir del 2000 la cantidad de CO permitida es de 1%. Si se comparan los límites homologando unidades, se aprecia en la Tabla 6 que la norma Euro 4 es significativamente más estricta que la INEN 2204 ecuatoriana. En el caso del NO_x, es permitido para los vehículos que circulan en las vías del Ecuador dos veces más que en Europa, siendo el valor de 0,248 gr/km es decir 210% más que lo que establece la Euro 4.

Tabla 6. Comparación de Normativas

Gases	Euro 4	INEN 2204	% de variación
CO	1,0 gr/km	2,11 gr/km	111%
HC	0,10 gr/km	0,25 gr/km	150%
NOX	0,08 gr/km	0,248 gr/km	210%

Fuente: los autores

Contraste de resultados de una prueba dinámica y estática bajo los marcos normativos Euro 4 y la INEN 2204

Para que un vehículo esté aprobado como apto para circular, con base en los niveles de contaminación que emite, debe estar dentro de los rangos que se establecen en las normas y criterios de medición que se plasman en los procedimientos de revisión técnica vehicular. En el anexo 1 se tiene un reporte de aprobación por parte de la institución ecuatoriana responsable de la verificación de los vehículos, estos datos fueron considerados para compararlos con los resultados de una prueba estática sustentada en la Euro 4 (Ver Tabla 7).

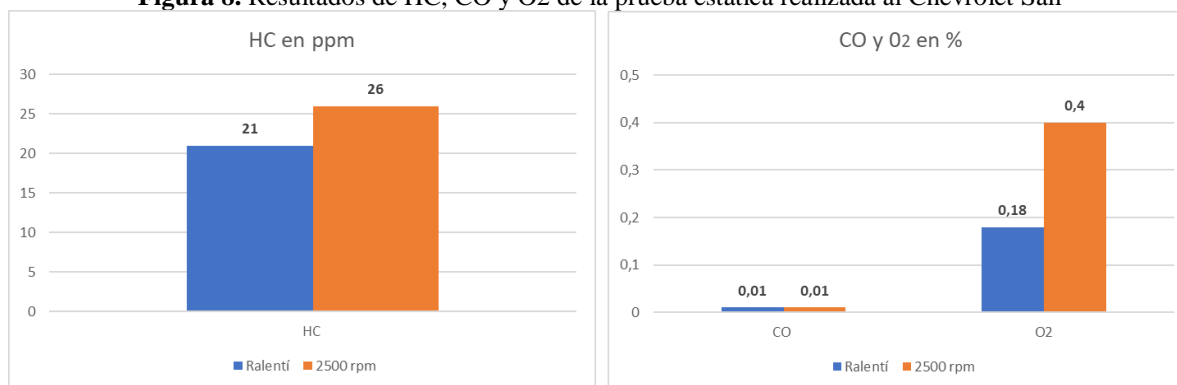
Tabla 7. Comparación de resultados de prueba estática bajo norma INEN 2204 y dinámica según Euro 4

Resultados de pruebas estáticas y dinámica Chevrolet Sail			
Parámetro medido	Prueba Estática según INEN 2204	Prueba dinámica Euro 4	Variación %
HC ralentí	21 ppm	395 ppm	1781,0 %
HC 2500 rpm	26 ppm	242 ppm	830,8 %
CO ralentí	0,01 %	0,98 %	9700,0 %
CO 2500 rpm	0,01%	1,06 %	10500,0 %
O2 en baja	0,18 %	1,36 %	655,6 %
O2 en alta	0,4 %	1,02 %	155,0 %
NOX en baja	.....	1,019 %	.....
NOX en alta	.....	1,007 %	.....
CO ₂ en baja	.....	13,6 %	.....
CO ₂ en alta	.....	13,8 %	.....

Fuente: los autores

En el caso de la prueba estática, considerando su principio de aplicación, no se tuvo el efecto de cargas externas al motor, esta se llevó en consideraciones de marcha mínima o ralentí e incrementó la velocidad llevando los RPM a 2500. Como es de esperarse existió un aumento de los niveles de contaminantes identificados por el detector de gases, en el caso del HC el valor pasó de 21 a 26 ppm es decir un aumento del 23%, lo que se traduce en mayor emisión de contaminantes. La misma tendencia se observó en el caso de O₂ donde el incremento a 2500 rpm fue de 122%.

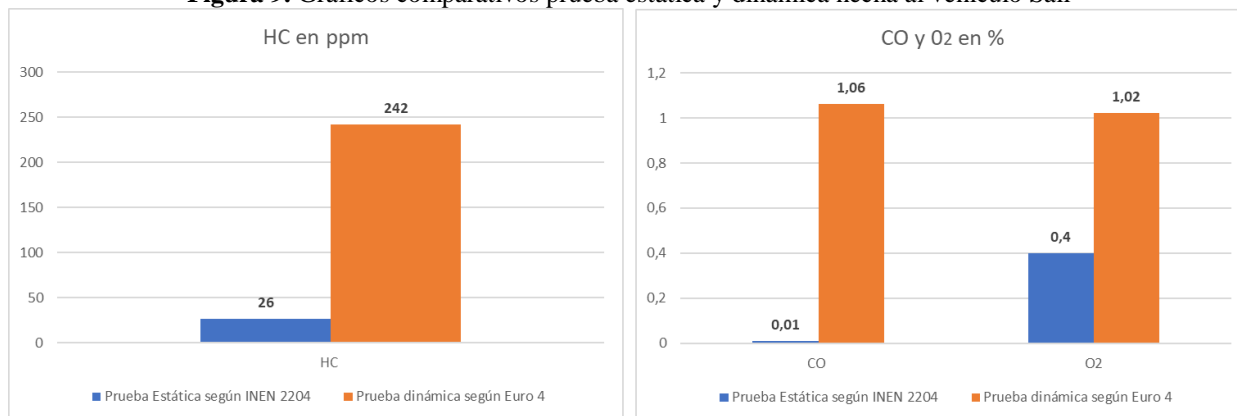
Figura 8. Resultados de HC, CO y O₂ de la prueba estática realizada al Chevrolet Sail



Fuente: los autores

Comparando los niveles de emisiones de gases reportados de la prueba estática bajo norma INEN 2204 y la dinámica basada en Euro 4, en condiciones de máximo desempeño, se tuvo que el HC en la prueba estática a 2500 rpm identificó solo 26 ppm, mientras que a través de la prueba dinámica y con base en la Euro 4 este valor era 830,8 % más. Esta brecha puso de manifiesto la subestimación que se está realizando en el Ecuador al solo medir los niveles de contaminantes bajo un esquema de testeo estático. En lo que corresponde al CO y O₂ las diferencia entre una prueba y otra es de 10500,0 % y 155,0 % respectivamente.

Figura 9. Gráficos comparativos prueba estática y dinámica hecha al vehículo Sail



Fuente: los autores

Entre las principales diferencias entre el esquema de pruebas dinámicas y estáticas que aplica el Europa y el Ecuador se tuvo, que en el caso ecuatoriano no se realizan las mediciones de NOx y CO2, tampoco existen análisis que permitan tener un acercamiento más preciso a las condiciones reales, ya que se conoce que, con la variación de la carga, el nivel de inclinación de la trayectoria que debe seguir el vehículo, la frecuencia de arranques, entre otros factores, es necesario inyectar al sistema mayor volumen de combustible para que este genere un mayor trabajo. El modelo termodinámico de un motor a combustión (Ver Anexo 2) demuestra que, a través de los gases de escape, las paredes del sistema, el medio refrigerante, existe pérdidas de energía, las cuales también necesitan ser compensadas por el motor a través de la quema de más combustible, para llevar a cabo el ciclo de funcionamiento necesario. Lo anterior refleja que, es un error que el sistema de evaluación de los vehículos del Ecuador, para precisar el nivel de contaminante que emite, no está tomando en consideración la cantidad de trabajo que en condiciones reales ejecutan los motores y menos el combustible requerido para ello, por lo cual tampoco se está determinando los volúmenes de gases de efecto invernadero está aportando a la afectación de la atmósfera y el ambiente los más de 2.361.175 vehículos.

La altitud es otro de los factores que no se considera de manera sistemática en el esquema de revisión de vehicular ecuatoriano, se sabe que a mayor altitud hay una menor disminución de oxígeno, condición que repercute en el proceso de combustión, generando pérdida de torque y potencia, lo que representa que los automóviles necesitan emplear más combustible. Tomando en consideración lo anterior, se puede demostrar que un vehículo que fue aprobado en una revisión

vehicular en la ciudad de Ambato que se encuentra a 2577 m.s.n.m. pudiera realmente estar fuera de condiciones si este es trasladado a Quito a una altitud de 2850 m.s.n.m donde el motor del vehículo debe realizar más trabajo y, por tanto, utilizar más gasolina. En este contexto se hace notar que los criterios de las normas ecuatorianas no son estrictos como las Euro, por lo que existe mayor posibilidad de contaminación.

Conclusiones

La comparación de los parámetros y sus respectivos límites expuestos tanto en la norma INEN 2204 y la Euro 4, aunado a los resultados arrojados por la prueba estática y dinámica al vehículo Sail, permiten establecer como derivaciones que el tipo de prueba que aplica el Ecuador o el programa de revisión vehicular vigente tiene poco aporte a la reducción de contaminantes en comparación con los regímenes que tiene Europa a partir de las normas Euro.

Entre las debilidades encontradas en el esquema de pruebas que realiza el Ecuador es que no se contempla la medición de parámetros de NO_x y CO₂, paradójicamente el país elabora anualmente reportes sobre estos parámetros como el de la Huella de Carbono o Huella Ecológica. Esto induce a inferir que las regulaciones del parque automotor no están ajustadas al logro de una mayor reducción de contaminantes en la atmósfera. Es decir, existe un desfase significativo y un margen importante de vehículos que si se rigiera por la Euro 4 no estarían aptos para circular, mientras que con los límites actuales en los reglamentos de Ecuador si lo hacen.

La realidad en el parque automotor de cualquier país, es que los vehículos no se desplazan con una carga única representada por el peso del vehículo, de allí que la prueba estática que se sustenta en la norma ecuatoriana, no está tomando en cuenta las condiciones de operación reales de los vehículos en las carreteras del país, ni elemento como la altitud, inclinación del terreno y otros factores que inducen a un mayor consumo de combustible y, por tanto, más emisión de gases contaminantes.

Referencias

1. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2021). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos web site: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>

2. Agencia Metropolitana de Tránsito. (2021). *Revisión Técnica Vehicular*. <http://www.amt.gob.ec/index.php/servicios/revision-tecnica/revision-tecnica-vehicular.html>
3. Agüero, A., & Jiménez, J. (2021). Environmental pollution and health problems in the “valle hondo” community, cojedes state, venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 62(1), 248-254. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/47532/nota3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. Andrade, H., Arteaga, C., & Segura, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica*, 18(1), 103-112.
5. Antamba, J., Reyes, G., & Granja, M. (2016). Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina. *Enfoque UTE*, 7(3), 110 - 119. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n3/1390-6542-enfoqueute-7-03-00110.pdf>
6. Arias, E., & Ludeña, J. (2018). *Estimación del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehículo de categoría M1 en rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de Cuenca*. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana], Repositorio institucional ups. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15325>
7. Arroyo, E., Cevallos, A., Imbaquingo, R., & Melo, J. (2020). Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 148-162. doi:<https://doi.org/10.14482/inde.38.1.629.25>
8. Autotools. (2022). *Dinamómetro de Chasis*. <https://www.autotools.co/node/200>
9. Biodisol. (2021). *Tipos de gases producidos en la combustión y sus consecuencias*. <https://www.biodisol.com/cambio-climatico/tipos-de-gases-producidos-en-la-combustion-y-sus-consecuencias-energias-renovables-contaminantes-medio-ambiente-efecto-invernadero/>
10. Cárdenas, R., Alba, J., & Chamba, E. (2021). Análisis comparativo del funcionamiento de un motor Fiat Uno 1100cc utilizando gasolina extra y bioetanol. *INCITEC Revista Técnica*

Tecnológica, 1(2), 38-47.

<http://incitec.institutoscandar.ec/index.php/INCITEC/article/view/98/12>

11. CEPAL. (2020). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. CEPAL web site: <https://www.cepal.org/es/temas/objetivos-de-desarrollo-del-milenio-odm/objetivos-desarrollo-milenio>
12. Chávez, C. (2018). *Identificación de las emisiones de gases de escape en motores diésel con normativa Euro 3 a diferentes alturas sobre el nivel del mar*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte], Repositorio institucional utn. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8609/1/04%20MAUT%20074%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
13. Checa, A. (2020). *Evaluación de las emisiones de gases contaminantes de un motor de combustión interna experimental con diferentes tipos de gasolinas mediante pruebas estáticas*. [Tesis de Grado, Universidad Internacional Sek], Repositorio institucional uisek. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4060/1/Ana%20Elizabeth%20Checa%20Ram%C3%ADrez.pdf>
14. Chevrolet. (2022). *Sail: Un auto para crecer juntos*. <https://www.chevrolet.com.ec/autos/sail-sedan>
15. Cruz, D. (2020). Analysis of Mechanical and Thermical Characteristic Parameters of an Internal Combustion Engine when Different Kind of Additives are Used in Commercial Gas. *INSTA Magazine I+D.*, 3, 17-19.
16. Delgado, A., & Aguirre, A. (2020). Modelamiento y evaluación del nivel de calidad del aire mediante el análisis de Grey clustering, estudio de caso Lima Metropolitana. *Tecnia*, 30(1), 114-120. doi:<https://doi.org/10.21754/tecnica.v30i1.588>
17. El Comercio. (20 de Julio de 2017). la revisión vehicular es manual en 208 cantones del Ecuador. *Diario el comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/revision-vehicular-manual-cantones-ecuador.html>
18. Gao, J., Chen, H., Liu, Y., Laurikko, J., Li, Y., Li, T., & Tu, R. (2021). Comparison of NOx and PN emissions between Euro 6 petrol and diesel passenger cars under real-world driving conditions. *Science of the Total Environment*, 801(2021), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149789>

19. González, S., De Lira, C., Villarreal, R., & Canseco, J. (2022). Environmental pollution and allergy. *Revista Alergia México*, 69(1), 24-30. doi:10.29262/ram.v69iSupl1.1010
20. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). Mc Graw Hill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
21. Huang, H., Zhang, J., Hu, H., Shaofei, K., Qi, S., & Liu, X. (2022). On-road emissions of fine particles and associated chemical components from motor vehicles in Wuhan, China. *Environmental Research*, 210(112900), 1-12. doi:10.1016/j.envres.2022.112900
22. INEC. (2020). *Transporte*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/transporte/>
23. INEN. (07 de julio de 2000). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:2000 .Gestión ambiental. Aire. vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralenti”.Prueba estática.* <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2203.pdf>
24. INEN. (15 de enero de 2003). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 349:2003 Revisión Técnica vehicular. Procedimientos.* <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2349.pdf>
25. INEN. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana ECUATORIANA NTE INEN 2202:2013.Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores diésel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre.* <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2202-1.pdf>
26. INEN. (01 de enero de 2017). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204:2017 Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.* https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
27. Infobae. (6 de julio de 2021). *De qué se trata Euro 7, la norma que podría dejar a Europa sin autos de combustión interna dentro de 4 años.* <https://www.infobae.com/autos/2021/07/06/de-que-se-trata-euro-7-la-norma-que-podria-dejar-a-europa-sin-autos-de-combustion-interna-dentro-de-4-anos/>
28. Jaramillo, M. (2021). *Análisis comparativo del Consumo de Gasolinas Súper y Ecopáis en un Vehículo Kia Cerato Forte 1600 cm3 en la ciudad de Guayaquil.* [Tesis de Grado,

- Universidad Internacional del Ecuador], Repositorio institucional uide.
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4707/1/T-UIDE-0188.pdf>
29. Jianbing, G., Yufeng, W., Haibo, C., Juhani, L., Ye, L., Ari, P., & Ying, Y. (2022). Variations of significant contribution regions of NOx and PN emissions for passenger cars in the real-world driving. *Journal of Hazardous Materials*, 424(2022), 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127590>
30. Joshi, A. (2021). Review of Vehicle Engine Efficiency and Emissions. *SAE Technical Papers*, 2021(1), 1-5. doi:<https://doi.org/10.4271/2021-01-0575>
31. Llanes, E., Carguachi, J., & Rocha, J. (2018). Evaluación energética y energética en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6L. *Enfoque UTE*, 9(4), 221-232. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v9n4/1390-6542-enfoqueute-9-04-00221.pdf>
32. Llera, E., Lozano, M., & Marín, J. (2018). *Problemas de máquinas y motores térmicos* (1 ed.). Zaragoza, España: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
33. López, R. (2019). *Análisis Cinemático y Diseño de un Mecanismo para Realizar Mediciones de Inercia en Dinamómetros de Chasis*. [Tesis de Grado, Universidad San Francisco de Quito], Repositorio institucional usfq. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8864/1/144684.pdf>
34. MAHA. (2022). *Medidor de gases de emisión*. <https://www.maha.es/es/productos/tecnologia-de-medicion-de-gases-de-escape~c7>
35. Marruedo, E. (2016). *Banco de ensayos para motores de combustión interna y curvas características*. [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Nacional], Repositorio institucional utn. <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3056/Banco%20de%20ensayos%20para%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna%20y%20curvas%20caracter%C3%ADsticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
36. Martínez, J. (2020). *Análisis de las emisiones en vehículos a gasolina mediante ciclos de prueba estáticos y dinámicos en procesos de revisión técnica vehicular*. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional], Repositorio institucional epn. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21551>

37. Matus, P., Díaz, M., & González, F. (2021). Contaminación atmosférica por óxidos de nitrógeno en la Región Metropolitana y su impacto sobre la salud. *Revista Médica de Chile*, 149(10), 1391-1398. doi:10.4067/S0034-98872021001001391
38. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España. (2020). *Evaluación de la calidad del aire en España*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/informeevaluacioncalidadaireespana2020_tcm30-529210.pdf
39. Moncada, C., Bocarejo, J., & Escobar, D. (2018). Evaluación de impacto en la motorización como consecuencia de las políticas de restricción vehicular, aproximación metodológica para el caso de Bogotá y Villavicencio - Colombia. *Información Tecnológica*, 29(1), 161-170. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642018000100161&script=sci_arttext&tlng=p
40. Organización de las Naciones Unidas . (2021). *Objetivos de Desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas web site: <https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>
41. Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Protocolo de Kyoto [De la Convención Marco sobre el Cambio Climático]*. Organización de las Naciones Unidas web site: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-kyoto-la-convencion-marco-cambio-climatico#:~:text=El%20Protocolo%20establece%20metas%20vinculantes,de%20las%20responsabilidades%20comunes%20pero>
42. Organización de las Naciones Unidas. (2020). *El Acuerdo de París*. Organización de las Naciones Unidas web site: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
43. Ortega, C., & Pesantes, V. (2021). *Comparativa de las normativas nacionales e internacionales que controlan las emisiones vehiculares*. [Tesis de Grado, Universidad Internacional del Ecuador], Repositorio institucional iude. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4971>
44. Pérez, C. (2020). *Aplicación de la norma NTE INEN 2207: 2002 en la medición de emisiones de gases en vehículos a diesel en la Universidad Técnica de Ambato Campus Huachi*. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

45. Petroecuador. (2019). *Gasolina Super con nuevo octanaje*.
<https://www.eppetroecuador.ec/?p=6276>
46. Puškár, M., & Kopas, M. (2018). System based on thermal control of the HCCI technology developed for reduction of the vehicle NOX emissions in order to fulfil the future standard Euro 7. *Science of The Total Environment*, 2018(643), 674-680.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718321533>
47. Repsol. (2022). *Tipos de gasolina y diésel*.
<https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/tipos-de-gasolina-y-diesel/>
48. Rocha, J., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., Torres, G., & Llanes, E. (2018). Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 97-108. doi:<http://dx.doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p>
49. Rodrigo, J. (2022). *Opacómetro Tekber*. http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R43_A12.pdf
50. Ryme Worldwide S.A. (2022). *Banco de Ensayos con Opacidad en Carga BD-U*.
<https://www.ryme.com/producto/banco-de-ensayos-con-opacidad-en-carga-bd-u/>
51. Secretaría de Ambiente. (2022). *Índice de Calidad del Aire*.
<http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php/indice-de-calidad-del-aire>
52. Secretaria de Ambiente del Ecuador. (2019). *Reporte anual de la calidad del aire en el dmq - 2019*.
http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/Informe_Calidad_Aire_2019.pdf
53. Sugeng, D., Yahya, W., Ithnin, A., Kusdi, B., Rashid, M., Bahiuddin, I., . . . Kadir, H. (2020). Experimental comparison of smoke opacity and particulate matter emissions with the use of emulsion fuel. *Evergreen*, 7(3), 452-457. <https://www-scopus-com.vpn.ucacue.edu.ec/citation/output.uri?origin=recordpage&view=&src=s&eid=2-s2.0-85091802737&outputType=quikbib>
54. Tapia, P., Tigre, V., & Torres, F. (2017). Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. Casos de estudio: vehículos Hyundai Santa Fe 2.7L V6, 2009 y Chery QAC 1.0L,

2017. *Infociencia*, 11(1), 5-12.
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Infociencia/article/download/1178/pdf>
55. Tapia, V., Carbajal, L., Vásquez, V., Espinoza, R., Vásquez, C., Steenland, K., & Gonzáles, G. (2018). Traffic regulation and environmental pollution by particulate material (2.5 and 10), sulfur dioxide, and nitrogen dioxide in Metropolitan Lima, Peru. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 190-197. doi:10.17843/rpmesp.2018.352.3250
56. Tipanluisa, L., Remache, A., Ayabaca, C., & Reina, S. (2107). Polluting emissions of a spark engine operating at two heights with two qualities fuels. *Información Tecnológica*, 28(1), 1-7. doi:10.4067/S0718-0764201700010000
57. UNICEF. (2020). *El aire que respiramos*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. https://www.unicef.org/ecuador/media/6611/file/Ecuador_el_aire_que_respiramos.pdf%20.pdf