



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“INCIDENCIA DEL CONTENIDO DE AZUFRE EN LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN UN VEHÍCULO ENCENDIDO POR COMPRESIÓN CON SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

ERAS JARA WILSON JAVIER
wilson.eras@epn.edu.ec

MEJÍA ALMEIDA IRVIN DANIEL
irvin.mejia@epn.edu.ec

DIRECTOR:
ING. PORTILLA AGUILAR ÁNGEL ADALBERTO MSc.
angel.portilla@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2022

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores WILSON JAVIER ERAS JARA Y IRVIN DANIEL MEJIA ALMEIDA, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'PORTILLA', with a horizontal line underneath it.

Ing. Angel Portilla, MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, Wilson Javier Eras Jara y Irvin Daniel Mejía Almeida, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Wilson Javier Eras Jara



Irvin Daniel Mejía Almeida

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a Dios por llenarme de fortaleza y sabiduría durante el camino universitario para al fin lograr ser un gran profesional.

A mis padres, por ser mi ejemplo a seguir y en recompensa del esfuerzo que juntos hicieron para lograr verme convertido en un profesional. A mis hermanas, por su apoyo y amor sincero.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios por haberme dado salud, sabiduría, fortaleza e inteligencia durante los años de carrera, para de esa manera poder finalizar una etapa soñada en mi vida.

Para mi ángel de la guarda Ariadna, que desde el cielo me estará cuidando, guiando y dándome las fuerzas para seguir cumpliendo mis sueños, que le pertenecen a ella.

También dedico a mis amados padres Elena Almeida y Rubén Mejía que han sido los factores más importantes para que esto sea posible, a mi querido hermano que siempre ha sido mi ejemplo a seguir y siempre ha estado conmigo cuidándome e inculcándome en ser una buena persona y buen hermano.

A mi familia que ha sido un factor fundamental en esta etapa de mi vida y a la mujer incondicional que ha estado junto a mi durante mucho tiempo y que en ella he encontrado el cariño, la fuerza, y su ayuda para seguir adelante y no decaer en los momentos complicados y de esa manera seguir creyendo que todo lo que nos proponamos se puede llegar a ser en esta vida juntos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme salud, sabiduría e inteligencia para culminar exitosamente esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres (Domingo Eras y Narcisa Jara) y hermanas (Liseth y Kelly) por su respaldo y apoyo incondicional para siempre lograr los objetivos planteados e inculcar valores imprescindibles para ser un gran profesional.

Agradezco al Ing. Ángel Portilla por ser el tutor durante el desarrollo de nuestra tesis y compartir sus conocimientos y experiencias. Agradezco a Josselyn por su cariño, paciencia y comprensión para la culminación de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que han sido las personas que se han tenido que sacrificar durante muchos años para darme los estudios y poder lograr terminar esta etapa universitaria, y es por esa razón que este logro les pertenece.

A mi hermano Rubén que ha sido mi apoyo incondicional durante toda mi vida y que siempre ha estado apoyándome a pesar de los errores que he tenido, para lograr terminar esta carrera de la mejor manera y seguir cumpliendo las metas propuestas juntos.

A toda mi familia que desde el puesto que han estado siempre me han ayudado a ser una mejor persona y que han sido mi soporte durante toda mi vida.

Agradezco al Ing. Ángel Portilla y a todos los docentes de la Escuela Politécnica Nacional por enseñarme y guiarme con sus anécdotas en ser un buen profesional en la mejor carrera del mundo, al Ing. Bernal que ha sido la persona que nos dio un gran apoyo para la realización del Proyecto de Titulación.

Y Finalmente, a los compañeros que he tenido durante muchos años y que han sido un gran apoyo durante muchas etapas que he pasado en la vida estudiantil.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	15
Objetivo general	16
Objetivos específicos.....	16
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1. Funcionamiento Motor a Diesel.....	17
1.2. Incidencia del azufre en el diésel, combustión y emisiones contaminantes ..	20
1.3. Impactos de la contaminación	21
1.4. Tecnologías desarrolladas para la reducción de emisiones.....	24
1.5. Normas vigentes sobre el control de emisiones	24
1.5.1. Normativa vigente	28
1.5.2. Norma técnica ecuatoriana NET INEN 2207:2002.	28
1.6. Ciclo de prueba de emisiones	29
1.6.1. Prueba de Opacidad Estática	29
1.6.2. Pruebas dinámicas ciclo ASM	30
1.6.3. Torque y Potencia	30
1.6.4. Pruebas estáticas.....	30
1.6.5. Ciclo IM-240	31
2. METODOLOGÍA.....	32
2.1. Equipos utilizados en la ejecución de las pruebas	32
2.1.1. Vehículo de pruebas	32
2.1.2. Analizador de gases combinado para gasolina/diésel MET 6.3 MAHA	33
2.1.3. Sonda de temperatura de aceite	36
2.1.4. Dinamómetro LPS 3000 MAHA.....	36
2.1.5. Unidad de Control mediante una Computadora.....	38
2.1.6. Extractor de gases	38
2.1.7. Tanque auxiliar de medición de Combustible	39
2.1.8. Opacímetro.....	40
2.2. Procedimiento	41

2.3.3. Método de Aceleración Libre	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1. Resultados de la caracterización del diésel.....	49
3.2. Resultados de los contaminantes durante la prueba IM-240.....	50
3.2.1. Gráficos de ejemplo de las emisiones contaminantes obtenidas del ciclo IM-240.....	50
3.2.2. Resultados promedios de las emisiones para los tres tipos de combustible diésel.....	52
3.2.3. Gráficas de contaminantes en función del contenido de azufre.....	52
3.3. Rendimiento de combustible	57
3.4. Resultados de los factores de emisiones durante la prueba IM-240.....	58
3.4.1. Gráficas de los factores de emisiones contaminantes durante la prueba IM-240.....	58
3.5. Opacidad.....	60
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
4.1. Conclusiones	62
4.2. Recomendaciones	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ciclo Diesel Teórico Tomada de: (Magnasco, 2000)	17
Figura 1.2. Motor de 4 tiempos Tomada de: (Guitian, 2018)	18
Figura 1.3. Segundo Tiempo o compresión motor a diésel Tomada de: (Lancheros, 2014).....	18
Figura 1.4. Tercer tiempo o Explosión/ Expansión Tomada de: (Lancheros, 2014).....	19
Figura 1.5. Cuarto tiempo o escape Tomada de: (Lancheros, 2014)	19
Figura 1.6. Composición de los gases de escape en motor diésel Tomada de: (Eadic, 2015).....	21
Figura 1.7. Comparación diésel entre el Coca y Quito.....	22
Figura 1.8. Efectos de la contaminación ambiental Tomada de: (Tecnología del Automovil, 2019).....	23
Figura 1.9. Calidad de los combustibles del Ecuador Tomada de: (EP PETROECUADOR, 2022).....	26
Figura 1.10. Esquema de pruebas dinámicas Tomada de: (Sagebiel, 1996).....	30
Figura 1.11. EPA Ciclo de prueba de inspección y mantenimiento IM-240.....	31
Figura 2. 1. a) Vista Lateral del vehículo de pruebas. b) Vista frontal del vehículo de pruebas. c) Vista trasera del vehículo de pruebas	33
Figura 2. 2. Analizador de gases MET 6.3 MAHA.....	34
Figura 2. 3. Sonda de temperatura de aceite.	36
Figura 2. 4. Dinamómetro de chasis LPS 3000 MAHA.	37
Figura 2. 5. Pantalla de condiciones de prueba.	38
Figura 2. 6. Extractor de gases.	39
Figura 2. 7. Tanque auxiliar y probeta marcada en ml.	39
Figura 2. 8. Opacímetro, MAHA MDO2.	41
Figura 2. 9. Centrado de las ruedas del vehículo con los rodillos LPS 3000.	41
Figura 2. 10. Anclaje del vehículo de pruebas al dinamómetro LPS 3000.	42
Figura 2. 11. Instalación del acople del tanque de combustible externo a la entrada de combustible al motor.	42
Figura 2. 12. Conexión del tanque de combustible externo al vehículo de prueba.	43
Figura 2. 13. Instalación de sonda del analizador de gases del MET 6.3.	43

Figura 2. 14. a) Instalación de sonda de temperatura de aceite en el motor. b) Instalación de medidor de rpm en el escape del motor.	44
Figura 2. 15. Instalación de extractor de gases.....	44
Figura 2. 16. MET encendido.....	45
Figura 2. 17. Selección del ciclo IM-240 / análisis de gases.....	45
Figura 2. 18. Ciclo de marcha IM-240.....	46
Figura 2. 19. Medición del consumo de combustible.	46
Figura 2. 20. Cambio de combustible en el tanque externo.....	47
Figura 2. 21. 5000 ml de la mezcla de diésel de Quito-Guayaquil.....	47
Figura 2. 22. Opacímetro.	48
Figura 2. 23. Impresión de resultados de la prueba de opacidad.....	48
Figura 3. 1. Resultados de la caracterización de los combustibles de prueba.....	50
Figura 3. 2. Resultado de las emisiones contaminantes de CO ₂ y O ₂ por [%V] de la mezcla volumétrica del Diésel Premium con 31.1 [ppm] de azufre.	51
Figura 3.3. Resultado de las emisiones contaminantes de CO por [%V] de la mezcla volumétrica del Diésel Premium con 31.1 [ppm] de azufre.	51
Figura 3.4. Resultado de las emisiones contaminantes HC y NO por ppm de la mezcla volumétrica del Diésel premium con 31.1 [ppm] de azufre.	52
Figura 3. 5. Comportamiento del dióxido de carbono.....	53
Figura 3. 6. Comportamiento de monóxido de carbono.	54
Figura 3. 7. Comportamiento de los hidrocarburos.	54
Figura 3. 8. Comportamiento de los óxidos de nitrógeno.....	55
Figura 3.9. Comportamiento del oxígeno.....	56
Figura 3.10. Material particulado de los combustibles de prueba.....	57
Figura 3.11. Rendimiento de combustible.	58
Figura 3.12. Comparación del factor de emisión CO de los combustibles de prueba y NT INEN 2 207.	59
Figura 3.13. Comparación del factor de emisión HC de los combustibles de prueba y NTE INEN 2 207.....	59
Figura 3.14. Comparación del factor de emisión NO _x de los combustibles de prueba y NTE INEN 2 207.....	60

Figura 3.15. Comportamiento de Opacidad.....	61
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Requisitos Diésel Premium.....	27
Tabla 1.2. Condiciones de aceleración libre.....	29
Tabla 2.1. Especificaciones técnicas del vehículo.....	33
Tabla 2.2. Especificaciones técnicas del analizar de gases MET 6.3 MAHA.....	34
Tabla 2.3. Especificaciones técnicas LPS 3000.....	37
Tabla 2.4. Especificaciones técnicas del opacímetro.....	40
Tabla 3.1. Resultados obtenidos.....	52
Tabla 3. 2. Resultados del material particulado 2.5.	56
Tabla 3.3. Resultados obtenidos de los factores de emisiones contaminantes.	58
Tabla 3. 4. Resultados obtenidos de opacidad.....	61
Tabla 4. 1. Resultados obtenidos de las emisiones dinámicas y valores límites permisibles de las normas NTE INEN 2 207 y EURO V.	62

RESUMEN

La presente investigación trata acerca de la "Incidencia del contenido de azufre en las emisiones contaminantes en una camioneta Great Wall modelo wingle 7 del año 2020 de encendido por compresión con sistema de inyección CRDI"; con el objetivo de cumplir con el propósito planteado, se emplean tres tipos de combustibles: diésel premium comprado en la ciudad de Quito con un contenido de azufre de 43.9 [ppm], diésel premium comprado en la ciudad Guayaquil con un contenido de azufre de 18.4 [ppm] y una mezcla volumétrica del 50% de los dos combustibles con un contenido de azufre de 31.1 [ppm]; la caracterización de los combustibles se realizó en el laboratorio de combustibles, biocombustibles y aceites lubricantes (LACBAL) y posteriormente se realizó las pruebas en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV), laboratorios de pertenencia a la Escuela Politécnica Nacional, los cuales son acreditados bajo normas nacionales NTE INEN.

El estudio fue llevado a cabo mediante pruebas estáticas de aceleración libre, dando como resultado valores de opacidad y de material particulado, y ensayos del ciclo IM-240 empleando el dinamómetro LPS 3000, el cual ayuda a observar emisiones contaminantes que se generan en cada tipo de combustible permitiendo evaluar factores de emisión y el rendimiento del combustible. Finalizados los ensayos, se observó que los resultados obtenidos cumplen con los requerimientos establecidos en la norma nacional NTE INEN 2 207 y la norma europea EURO V. Además, el estudio realizado muestra que en Guayaquil y Quito se comercializa diésel de bajo contenido de azufre, es decir menor a 50 [ppm] y que el azufre tiene un impacto directo y positivo en la disminución de emisiones contaminantes y material particulado.

Palabras clave: Diésel, Combustible, Volumétrica, Emisiones contaminantes, Ensayos, Caracterización.

ABSTRACT

This research deals with the "Incidence of sulphur content in pollutant emissions in a Great Wall pick-up truck model Wingle 7, Year 2020 which power system works by making compression with Common rail direct injection"; the objective is to fulfil the purpose set out above by using three types of fuels: Premium Diesel purchased in the city of Quito with a sulphur content of 43.9 [ppm], : Premium Diesel purchased in the city of Guayaquil with a sulphur content of 18.4[ppm] and a volumetric mixture of 50% of the two fuels with a sulphur content of 31.1 [ppm]; the analysis of the fuels was carried out in the Laboratory of Fuels, Biofuels and Lubricants oils (LACBAL) and also we realize test results in the Technology Transfer Centre for Training and Research in Vehicle Emissions Control (CCICEV) and we also used or university laboratories belonging that official belong to the National Polytechnic School, these laboratories are accredited under the national standards NTE INEN.

The study was carried out using static tests of free acceleration, as a result in opacity and particulate matter values, and IM-240 cycle tests using the LPS 3000 dynamometer, which helps to observe pollutant emissions that are generated in each type of fuel allowing to evaluate emission factors and fuel efficiency. Once the tests were completed, it was observed that the results obtained comply with the requirements established in the national standards NTE INEN 2 207 and the European standards EURO V. In addition, the study shows that in Guayaquil and Quito marketize low-sulphur diesel, lower than 50 [ppm] and the sulphur has a direct impact and positive in the process of reduction of pollutant emissions and particulates matter.

Keywords: Diesel, Fuel, Volumetric, Pollutant emissions, Tests, Analysis.

“INCIDENCIA DEL CONTENIDO DE AZUFRE EN LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN UN VEHÍCULO ENCENDIDO POR COMPRESIÓN CON SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI”

INTRODUCCIÓN

Todo motor de combustión interna funciona transformando energía química (combustible) en energía térmica (calor) y mecánica utilizada para proveer potencia a una máquina o equipo. Esta energía proporciona un beneficio al poner en movimiento el vehículo, pero a su vez genera productos dañinos al medio ambiente (Velasco, 2009), y por ende para el ser humano, entre los más representativos se tienen los hidrocarburos quemados (HC), óxidos de azufre (SOx), monóxido de carbono (CO), el material particulado (PM) y óxidos de nitrógeno (NOx) (Trujillo Males, 2019).

Un estudio realizado para la ciudad de Quito, concluye que los vehículos a diésel, que conforman el 5.6 % del parque vehicular, son los principales contribuyentes de MP2.5 (82.5 %), MP10 (76.4 %) y NOx (60.6 %), las emisiones de NOx en los vehículos a diésel son elevadas, debido a las altas temperaturas y presión a las que trabajan los motores siendo la contribución en las emisiones de SOx y material particulado la más relevante (Vega, Ocaña, & Parra, 2015).

Como menciona (Páez Pérez, 2009), este problema se agrava por las condiciones de altitud y topografía particulares de la ciudad de Quito, ya que a una altura promedio de 2810 msnm se tiene 27% menos de oxígeno en proporción másica que a nivel del mar, esto genera un proceso de combustión incompleta y como resultado se tienen los productos antes mencionados. Por otro lado, el contenido de azufre de los combustibles limita el uso de muchas tecnologías convencionales y avanzadas para el control de contaminantes vehiculares, es por ello que los combustibles de bajo azufre son la clave para reducir las emisiones vehiculares mediante la introducción de nuevas tecnologías avanzadas de control y nuevos vehículos con diseños más eficientes (Blumberg, Walsh, & Pera, 2003).

De acuerdo con el desarrollo tecnológico de los vehículos con motor de encendido por compresión, combustibles con azufre reducido (~150 ppm) hacen que éstos sean más limpios, combustibles de bajo azufre (~50 ppm) permiten tecnologías avanzadas para filtrar partículas y mejorar el control de NOx y, por último, los combustibles de ultra bajo azufre (~10 ppm) permiten grandes avances en el diseño de vehículos más eficientes y tecnología avanzada para el control de emisiones (Blumberg, Walsh, & Pera, 2003).

La realización de este estudio se enfoca principalmente en variar el contenido de azufre en el diésel para vehículos de última generación, tomando en cuenta tres tipos de concentraciones: combustible comprado en la ciudad de Guayaquil con 18.4 [ppm], combustible comprado en la ciudad de Quito con 43.9 [ppm] y una mezcla volumétrica al 50% entre los dos con un 31.1 [ppm] en contenido de azufre, esta diferencia se debe a que la Refinería de Esmeraldas genera como resultado una mala calidad de diésel y la cercanía de las ciudades al poliducto Pascuales- Cuenca recibe mayor cantidad de diésel importado. , por ello es importante determinar su incidencia en las emisiones contaminantes y poder establecer el comportamiento del motor, mediante pruebas normalizadas en los laboratorios del CCICEV basados en ensayos estáticos.

Objetivo general

Estudiar la incidencia de las emisiones de contenido de azufre en el combustible de vehículos a diésel de riel común CRDI mediante los ciclos de pruebas estático y dinámico.

Objetivos específicos

- Revisar el estado del arte con respecto a temas relacionados con motores diésel, impacto de sus emisiones en el medio ambiente, normativas vigentes de regularización de emisiones contaminantes en Quito y nuevas tecnologías para reducir la contaminación en los motores a diésel.
- Seleccionar el vehículo de pruebas.
- Determinar el protocolo de pruebas.
- Caracterizar los combustibles de prueba.
- Realizar las pruebas de emisiones.
- Analizar los resultados.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Funcionamiento Motor a Diesel

El motor diésel se lo denomina como un motor térmico de combustión interna, debido a que funciona mediante la autoignición, ya que se genera elevadas temperaturas de la mezcla aire-gas sin chispa, la temperatura que inicia dicha combustión procede de la elevada presión que se produce (Kates & Luck, 2021).

El combustible diésel se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión a gran presión de manera que se atomiza y se mezcla con el aire a una elevada temperatura y presión, esta mezcla se quema de una manera muy rápida. Este tipo de combustión provoca que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo, además la biela transmite este movimiento al cigüeñal al que hace girar y transforma el movimiento lineal del pistón en movimiento de rotación (Kates & Luck, 2021).

Las transformaciones del fluido en el interior del motor se realizan de acuerdo a un ciclo cerrado, ya que se utiliza el aire a presión atmosférica o a una mayor presión en los sistemas sobrealimentados y la inyección de un combustible líquido donde se enciende por la alta temperatura del aire, lograda después de la compresión. Las máquinas de combustión internas, operan en un ciclo mecánico debido a que el émbolo regresa a su posición de inicio al final de cada revolución (Magnasco, 2000).

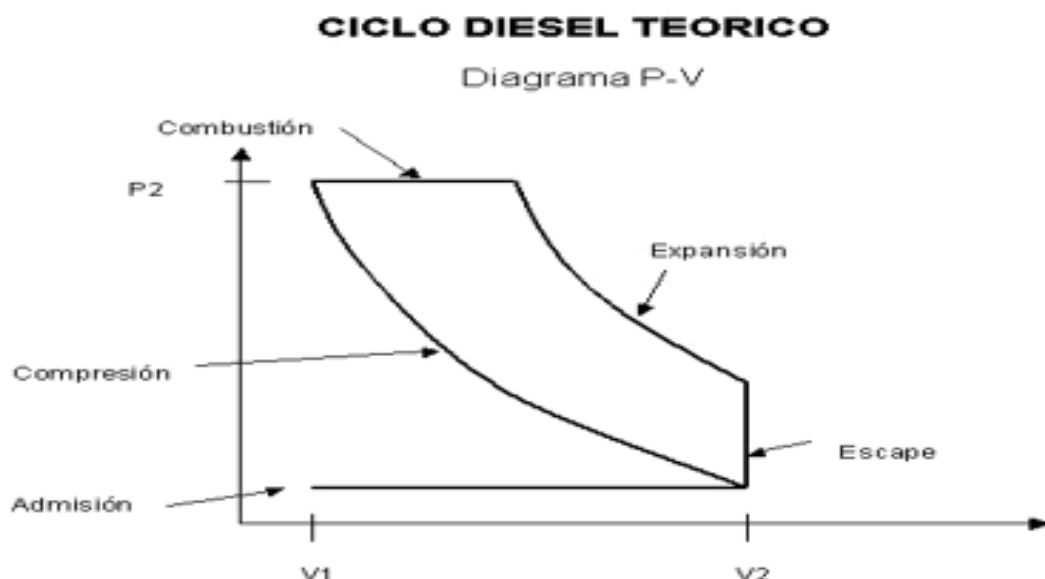


Figura 1.1. Ciclo Diesel Teórico Tomada de: (Magnasco, 2000)
(Fuente: <https://sites.google.com/site/motoresysistemasdealimentacion/ciclo-diesel-teorico>)

El trabajar en un ciclo abierto es característica de todas las máquinas de combustión interna.

El funcionamiento del motor a diésel presenta cuatro ciclos importantes que son:

- Primer tiempo o admisión

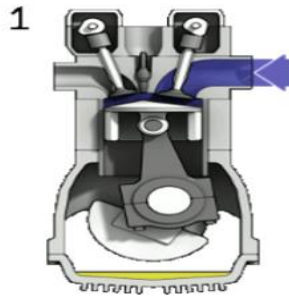


Figura 1.2. Motor de 4 tiempos Tomada de: (Guitian, 2018)
(Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos)

En esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla de aire combustible en los motores de encendido provocado aire de motores de encendido por compresión (MEC), la válvula de escape permanece cerrada, mientras que la admisión está abierta, en el primer tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas 90°, la válvula de escape permanece abierta y la carrera que realiza el pistón es descendente.

El aire se mezcla con una cantidad de gases de escape que quedan del ciclo anterior, la temperatura aumenta y al final de la carrera de admisión alcanza los 300-320 K y la presión es de 0.08-0.09 MPa (Guitian, 2018).

- Segundo Tiempo o Compresión



Figura 1.3. Segundo Tiempo o compresión motor a diésel Tomada de: (Lancheros, 2014)
(Fuente: <https://es.slideshare.net/carloslancheros01/tempos-de-un-motor-a-combustion-interna>)

Al llegar al final de la carrera inferior la válvula de admisión se cierra comprimiendo el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón, en el segundo tiempo el cigüeñal da 180° y el árbol de levas 90°, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente (Lancheros , 2014).

La presión del aire y la temperatura aumentan y al final del ciclo son 3-5 MPa y 800-900 K donde la relación de compresión está regulada por la capacidad de servicio de las piezas (Lancheros , 2014).

- Tercer Tiempo o Explosión/ Expansión



Figura 1.4. Tercer tiempo o Explosión/ Expansión Tomada de: (Lancheros, 2014)
(Fuente: <https://es.slideshare.net/carloslancheros01/tiempos-de-un-motor-a-combustion-interna>)

Esta es considerada la única fase en la que se obtiene trabajo, en este tiempo el cigüeñal gira 180° mientras que el árbol de levas gira 90° respectivamente, por lo cual ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente. La carrera de compresión va de 20-30 grados del ángulo de rotación del cigüeñal hasta que el pistón llegue a TDC, se inyecta una porción de combustible en el cilindro a alta presión 15-20 MPa usando una bomba a través de una boquilla en el cilindro a alta presión en forma finamente atomizada (Lancheros , 2014).

- Cuarto tiempo o Escape

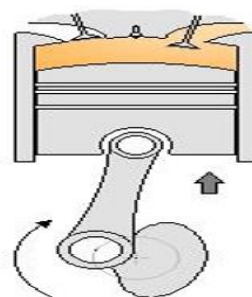


Figura 1.5. Cuarto tiempo o escape Tomada de: (Lancheros, 2014)
(Fuente: <https://es.slideshare.net/carloslancheros01/tiempos-de-un-motor-a-combustion-interna>)

En esta fase el pistón empuja en su movimiento ascendente, los gases de combustión salen por medio de la válvula de escape que permanece abierta, al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión reiniciándose

el ciclo. Al final de la carrera de escape la presión del gas es de 0,11-0,12 MPa y la temperatura es de 850-1200°C (Lancheros , 2014).

1.2. Incidencia del azufre en el diésel, combustión y emisiones contaminantes

El azufre es un componente inherente del petróleo crudo, es decir esto siempre existirá en combustibles refinados tanto en la gasolina como en el diésel, el azufre es considerado en si como un contaminante, si no se logra una reducción, de este en la composición de los combustibles pueden suceder dos hechos negativos muy importantes, primeramente, no se puede disminuir la contaminación de los gases de escape emitidos por los motores diésel, por tanto el aire que respiramos se encuentra contaminado y segundo no se podrá implementar tecnologías convencionales que permita tratar de disminuir otros gases contaminantes como monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), material particulado/humo/hollín (PM) y óxido de nitrógeno (NOx) (Martínez , Páramo, Iniestra, Aguila, & Ramos, 2019).

El azufre contenido en el combustible y al combustionar en el motor se desprende al ambiente como bióxido de azufre (SO_2) como partículas de sulfato a la vez en este mismo proceso se forman otros óxidos de azufre (SOx) que al unirse con el vapor de agua produce ácido sulfúrico (H_2SO_4) y este es causante de cáncer en las personas, El (SOx) en la atmosfera puede producir lluvia acida lo cual puede provocar severos daños en cultivos, bosques y contribuir a la acidificación de los océanos (Martínez , Páramo, Iniestra, Aguila, & Ramos, 2019).

El contenido de azufre en el diésel es la fuente principal de daños en los motores de combustión interna, los depósitos de azufre dañan los inyectores y corroen los anillos, pistones y cilindros hasta dejarlos inservibles según el azufre acumulado, este provoca deficiencias de inyección de diésel en la cámara de combustión lo que genera que exista pérdidas de combustible de un 15% en recorridos urbanos y de un 5% en carretera (EPA, 2007).

Los inyectores pierden alrededor de 30% del flujo de diésel en comparación de un inyector limpio, a su vez, la acumulación de azufre en los inyectores impone la necesidad de efectuar cambios frecuentes del aceite lubricante del motor para reducir el impacto del dióxido (SO_2) y trióxido de azufre (SO_3). Estos efectos en los motores representan mayores costos de mantenimiento y menor tiempo de vida útil (Eadic, 2015).

En condiciones ambientales muy oxigenadas y con mezcla pobre se producen daños en el catalizador debido a los sulfatos que se forman por la alta cantidad de azufre en el diésel

bloqueando la absorción de NOx e HC lo cual reduce la capacidad de eliminación en un 20% por lo tanto todo este problema disminuya el tiempo de vida útil del motor.

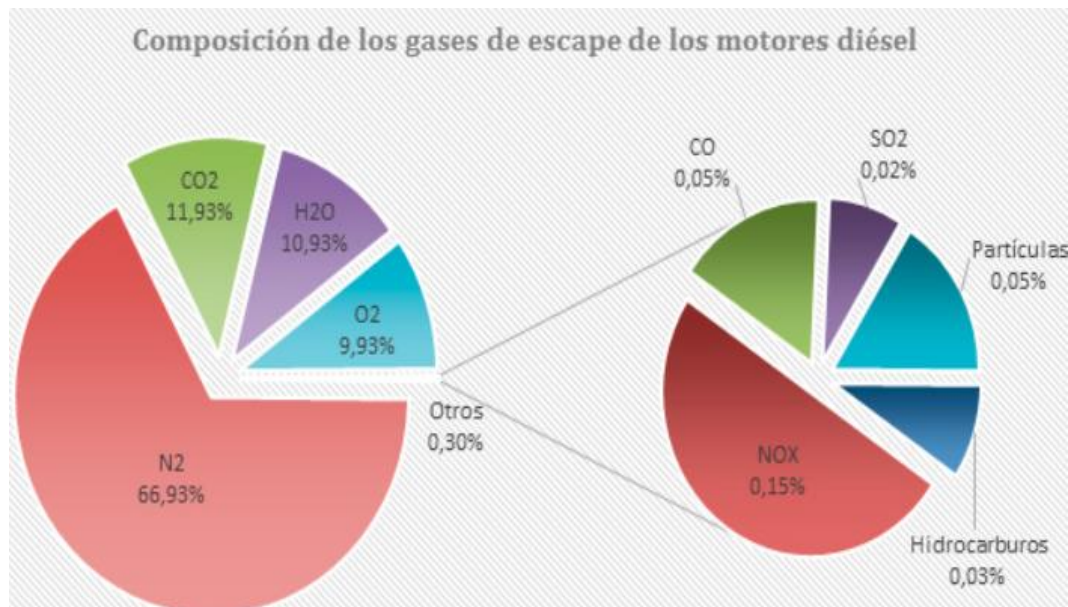


Figura 1.6. Composición de los gases de escape en motor diésel Tomada de: (Eadic, 2015)
(Fuente: <https://eadic.com/blog/entrada/contaminacion-ambiental-por-nox-influencia-de-edad-de-los-vehiculos/>)

1.3. Impactos de la contaminación

En Ecuador existe una gran preocupación debido a la calidad de los combustibles que se comercializan en el país, ya que según la agencia de Control y Regulación de Energía cumplen con las normas de octanaje y de calidad, pero a pesar de ello las gasolinas tienen entre 200 y 400 partes de millón de azufre lo cual se encuentra por debajo de la regulación es decir que no alcanza las exigencias internacionales de la norma de calidad Euro V lo cual establece 10 partes por millón (Orozco, 2022).

En nuestro país el contenido de azufre en el diésel supera los estándares nacionales e internacionales, inclusive la norma técnica autoriza una mayor cantidad de azufre en el diésel (NTE INEN 1489) ya que establece un límite máximo de 450 (ppm) de azufre. Ecuador es un país que presenta diferencias en el contenido de azufre es decir varía de una ciudad a otra (Aeade, 2020).

El diésel en Ecuador tiene un promedio de 104,8 (ppm) de azufre en el diésel a diferencia de El Coca debido a que en esa ciudad se comercializa el diésel con más de 5.000 (ppm) incrementando la contaminación. En Quito se comercializa un diésel que oscila entre 159 y 171 partes por millón de contenido de azufre, esta investigación y muestra fue realizada en el año 2020 donde se presentó una explicación sumamente clara sobre la mala calidad del diésel que se produce en la Refinería de Esmeraldas debido a que los niveles de azufre son totalmente diferentes a los niveles de Guayaquil (Aeade, 2020).

Según la empresa Petroecuador el diésel premium que se vende en Guayaquil es de mejor calidad debido a que este diésel oscila entre 60 y 90 partes por millón de contenido de azufre. En la provincia del Guayas se conoce que el diésel premium que se comercializa es de menos de 100 partes por millón y esto se debe a que en ciertos sectores se distribuye el diésel con mayor proporción del importado debido a que llega directamente del poliducto Pascuales - Cuenca (Aeade, 2020).

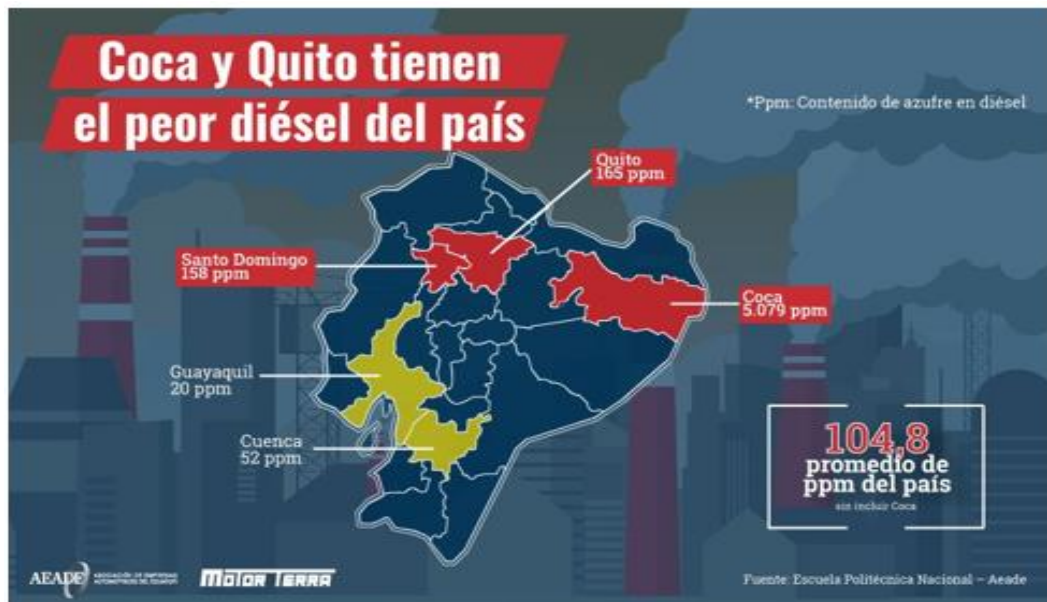


Figura 1.7. Comparación diésel entre el Coca y Quito.
(Fuente: Escuela Politécnica Nacional-Aeade)

El óxido de azufre que se forma por medio de la combustión del diésel mal refinado en motores de combustión interna es totalmente indeseable debido a los daños que pueden ocasionar al automotor en especial al medio ambiente, debido a que este oxido aumenta la corrosión de piezas del motor como las paredes del cilindro y los anillos del pistón. El SO_2 es higroscópico en la atmosfera debido a que cuando reacciona con la humedad forma ácido sulfúrico y sulfuroso el cual se convierte en gran parte de la denominada lluvia acida, la permanencia de estos en la atmosfera depende de las condiciones meteorológicas e impurezas catalíticas la exposición a estos sulfatos y ácidos es considerada muy dañina para la salud ya que dichos compuestos entran al sistema circulatorio y por ende a las vías respiratorias (Garcia , 2016).

Este tipo de contaminación daña de maneras diferentes la salud de las personas dependiendo del nivel de exposición a los contaminantes, cuando dicha contaminación es generada por SO_2 en la atmosfera es evidente que no solamente repercute al medio ambiente, sino que se encuentra íntimamente relacionada con muchos tipos de enfermedades y muertes atribuida a cáncer de tipo pulmonar, ulcera hepática y enfermedades respiratorias como la neumonía (Organización Mundial de la Salud, 2016)



Figura 1.8. Efectos de la contaminación ambiental Tomada de: (Tecnología del Automóvil, 2019)
(Fuente: <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/tecnologias-limpias/contaminacion-de-los-motores-ii/>)

Mientras que en corto plazo el cuerpo humano ha sido sometido por contaminantes producidos por el azufre que emite el diésel lo cual hace que se manifiesten diversos estragos en torno a la piel como dermatitis, salpullido, envejecimiento prematuro en caso de la vista ocasiona conjuntivitis. Es por este motivo que se señala a los vehículos como responsables directos de la contaminación atmosférica haciendo parte del 80% y el 20% restantes corresponde a otras causas (Bermúdez, 2012).

Los hidrocarburos son considerados como las principales fuentes de contaminación de suelo y agua debido a que los vehículos de motor diésel consumen menos combustible que los vehículos a gasolina, pero causan cuatro veces más contaminación debido a que la emisión de gases es más elevada de dióxido de nitrógeno (NO₂) y partículas en suspensión, dos de los principales contaminantes del aire.

Estas generan micropartículas llamadas PM 2,5 que al momento de desprenderse se da una quema de combustibles fósiles como el diésel, el cual se encuentra relacionado con las muertes prematuras de adultos en nuestro país (Machado , 2019).

Según las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) nos indica que el 43,5% de las muertes en Quito se originan principalmente en enfermedades cardiovasculares y el 18,6% en respiratorias y el contaminante que genera más problemas y muertes en Quito en términos de daños a la salud humana es el material con partículas pequeñas de 2,5 micrómetros que es fácilmente inhalado por los habitantes lo cual es conocido comúnmente como azufre o PM 2.5 (Normalización, 2012).

1.4. Tecnologías desarrolladas para la reducción de emisiones

Debido a que el monóxido de carbono se crea durante un proceso de combustión y cuando el carbono excede en el combustible reacciona con el oxígeno en el aire y por ello existen tres opciones para el control de emisiones de CO como utilizar un combustible con menos contenido de carbono, aumentar la eficiencia de la combustión con lo cual se incrementarían las emisiones de NOx y aplicar un tratamiento posterior a los gases de escape (Manias, 2005).

Las estrategias para la reducción las emisiones de PM del motor de diésel incluyen las mejoras en su diseño, el uso de dispositivos post-combustión y el mejoramiento de la calidad del diésel. En general, debido a la naturaleza de las nuevas normas que se anticipan en EEUU y Europa, la estrategia principal para la reducción de emisiones PM en motores diésel nuevos es el uso de un filtro post combustión.

Para el caso de flotas diésel existentes, las estrategias principales para la reducción de emisiones de PM se basan en las cuatro "R" y el uso de combustibles limpios. Estas "R" son:

- REPOWER (reemplazo del motor existente con uno similar)
- REMANUFACTURE (Re fabricación del motor existente por su fabricante original)
- REPLACE (reemplazo del motor con uno más nuevo)
- RETROFIT (implementación de dispositivos post-combustión)

Esta aplicación es una estrategia para el control de las emisiones de motores que dependen de varios factores como la factibilidad técnica, factores económicos incentivos y regulación de nuestro país con el propósito de reducir las emisiones de azufre.

1.5. Normas vigentes sobre el control de emisiones

Los controles que se realiza en nuestro país se los analiza según las normativas internacionales que evidentemente se deben adecuar al mercado y economía de nuestro país lo más importante es saber la factibilidad de tener un vehículo diésel y que costos implica mantenerlo a pesar de poseer un diésel de baja calidad.

Las altas concentraciones de azufre en el combustible diésel van aumentando las emisiones de las fuentes móviles de contaminantes dañinos, sobre todo en material particulado, combinando los combustibles con un alto nivel de azufre donde se alcanza niveles de emisión inseguros de humo, hollín y partículas muy finas de materia que es extremadamente perjudicial para la vida y la salud humana (Blumberg, Walsh, & Pera, 2003).

Según el análisis de la conferencia realizada por la institución internacional PCFV de Europa conjuntamente con la corpaire a nivel del Distrito Metropolitano de Quito se determina que no hay una exactitud en la norma en la cual estamos ubicados debido a que existe una variable de vehículos bastante grande donde se presume que se encuentra en la normativa euro 2 y también existen vehículos con normativa euro 3.

El INEN presenta una normativa “NTE INEN 1489:2012 séptima revisión” (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, 2013-06-14- pág. 2), el cual tiene por objetivo establecer los diferentes requisitos que debe cumplir el diésel que se comercializa en nuestro país.

Para efectos de esta norma se adoptan definiciones contempladas en la NTE INEN 2341, donde su alcance se aplica a todo el diésel que se comercializa en el país sea de producción nacional o importado (Normalizacion, 2012).

- “Diesel No. 1: Combustible utilizado en aparatos de combustión externa industriales o domésticos.
- Diesel No. 2: Combustible que se utiliza en los siguientes sectores: industrial, pesquero, eléctrico, naviero, etc. Excepto para uso automotriz.
- Diésel premium: Es el combustible utilizado en motores de autoignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional” 55 (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, 2013-06-14- pág. 1).

El producto observado a simple vista debe ser limpio, exento de agua y de materiales en suspensión.



Figura 1.9. Calidad de los combustibles del Ecuador Tomada de: (EP PETROECUADOR, 2022)
(Fuente: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=12484>)

En Quito hasta el año 2015 se inspeccionaba de manera semestral los vehículos con motor a diésel con el propósito de lograr monitorear las condiciones de calibración y mantenimiento a medida que los reglamentos sobre emisiones son más exigentes y requieren de mayor control de emisiones provenientes del motor a diésel (Arellano, 2013). El diésel de la Ciudad de Quito está compuesto por vehículos donde sus motores cuentan con tecnología correspondientes Euro II y Euro III los cuales están funcionando en la altura. y en nuestro país se registra al menos 10 calidades de combustible que no se pueden regular debido a la falta de la normativa que se establece en los parámetros tanto de gasolina como diésel (Arellano, 2013).

Euro II se encuentra presente en un motor turbo con un intercooler que se encarga de enfriar el aire comprimido y genera más potencia al automotor lo cual va a generar menos emisiones contaminantes mientras que el Euro III implica la reducción del 64% en emisiones de monóxido de carbono, 33% en hidrocarburos y 50% en óxidos de nitrógeno.

La normativa del euro V sustituye a euro IV se da una disminución de la cantidad de óxido nitroso emitido por los vehículos de hasta 180 kilómetros en los motores a diésel, mientras que el Euro VI tiene como propósito la reducción de un 56% las emisiones de óxidos de nitrógeno y las partículas finas, dos sustancias muy contaminantes y nocivas para la salud (Pilamunga, 2021).

A escalas internacionales existen países que cuentan con buses de tecnología Euro 5 y 6 mientras que en Ecuador la calidad del combustible es superior a 100 partículas por millón de azufre y solo permite contar con buses de tecnología Euro 2 y 3 que existen aproximadamente desde hace treinta años.

Estas normas garantizan que los datos que se obtienen de las pruebas de medición realizadas por los equipos de medición sean normados con veracidad para ello según INEN RTE.INEN 017:2008 se tiene como propósito el control de las emisiones contaminantes e indica los límites de emisiones de fuentes móviles, esta norma trabaja con normas internacionales como SAE J1349 que se encarga de determinar los valores del torque y potencia en un dinamómetro tomando en cuenta que el motor se debe encontrar en plena carga tomando en cuenta las referencias de los datos atmosféricos que reflejen en dicha la prueba (Normalizacion, 2012).

Tabla 1.1. Requisitos Diésel Premium

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Contenido de agua y sedimento	%	-	0.05	NTE INEN 1494
Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0.15	NTE INEN 1491
Contenido de cenizas	%	-	0.01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm ² /s	2.0	5.0	NTE INEN 810
Contenido de Azufre	%	-	0.05	ASTM 4294 NTE INEN 1490

Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiesel	%	-----	5	EN 14078

(Fuente: LACBAL, 2022)

1.5.1. Normativa vigente

Los vehículos con motor diésel que circulan por el Distrito Metropolitano de Quito, por disposición nacional deben cumplir las siguientes normas y requisitos técnicos vehiculares:

- ✓ NTE INEN 2207:2002, límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a diésel.
- ✓ NTE INEN 2202:2000, determinación de opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre.
- ✓ NTE INEN 1489:2012, productos derivados del petróleo. Diésel. Requisitos.

1.5.2. Norma técnica ecuatoriana NET INEN 2207:2002.

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de diésel.

Alcance

- Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas.
- Esta norma no se aplica a fuentes móviles que utilicen combustibles diferentes a diésel.
- Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

Requisitos

- Requisitos máximos de opacidad de humo para fuentes móviles de diésel. Prueba de aceleración libre.
- Toda fuente móvil con motor de diésel, condiciones de aceleración libre, no podrá descargar al aire humos en cantidades superiores a las indicadas en la siguiente tabla 1.2.

Tabla 1.2. Condiciones de aceleración libre.

Año modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

(Fuente: NTE INEN 2207:2002)

1.6. Ciclo de prueba de emisiones

Las pruebas de emisiones que se realizan en los vehículos y el servicio de medición aseguran el cumplimiento con los estándares de emisiones y consumo de combustible donde se incluye de manera significativa las normas obligatorias de la Unión Europea (Nationwide, 2021).

Mediante la realización de pruebas de emisiones se ayuda a garantizar a que los vehículos permanezcan conformes a los límites adecuados para las emisiones contaminantes del aire como:

- Monóxido de carbono (CO)
- Hidrocarburo total (THC)
- Hidrocarburo sin metano (NMHC)
- Óxido nítrico y dióxido de nitrógeno (NOx)
- Emisiones de material particulado (PM) y número particulado (PN)
- Humo de diésel

1.6.1. Prueba de Opacidad Estática

Este método se basa en la determinación del porcentaje de luz visible que se absorbe y se refleja cuando el haz atraviesa la corriente de emisiones provenientes del sistema de escape NTE INEN 2202,2013. Se considera a la opacidad como una propiedad de la materia que tiene diferentes grados y propiedades (Cabeza, 2014).

Un material presenta opacidad cuando no deja pasar la luz en proporción adecuada mientras que un material es translucido cuando deja pasar la luz de manera que las formas se vuelven irreconocibles es decir la opacidad es inversamente proporcional a la luz (Cabezas, 2014).

Existen diferentes factores que se encargan de determinar el nivel de opacidad que registran los vehículos con motores de combustible a diésel como el kilometraje recorrido por el vehículo el cual está relacionado con la vida útil del automotor (Cabeza, 2014).

1.6.2. Pruebas dinámicas ciclo ASM

Modo de Aceleración Simulada fue desarrollada por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) el cual consiste en probar el vehículo en dinamómetro con la colocación externa de carga al motor a diferentes regímenes en etapas ASM50/15 y ASM25/25 (Park, 2016). ASM50/15 es el ciclo de prueba de un vehículo en dinamómetro al utilizar ASM, en donde a una velocidad constante de 24 km/h se aplica una carga externa al motor (Park, 2016).

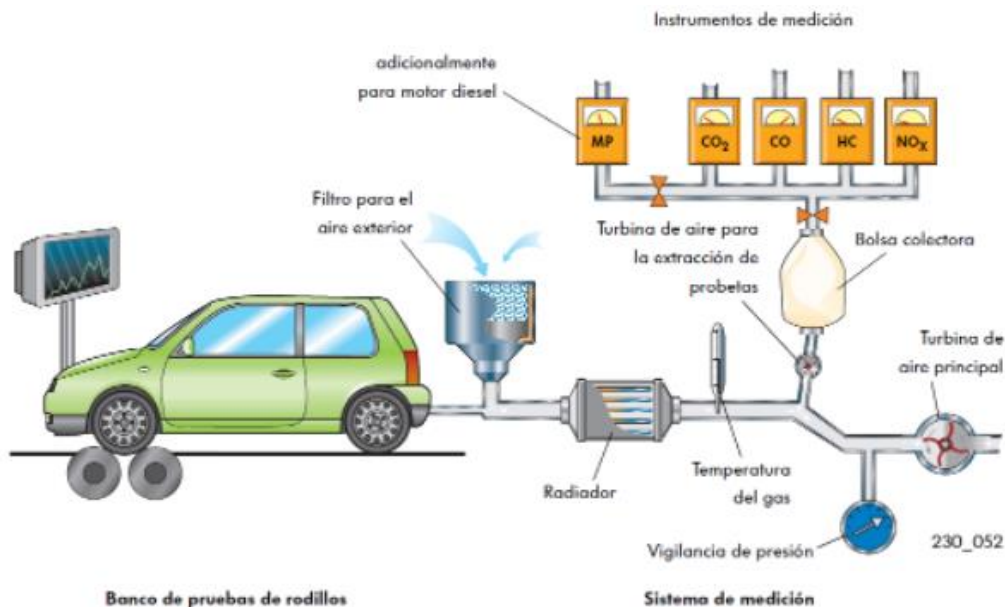


Figura 1.10. Esquema de pruebas dinámicas Tomada de: (Sagebiel, 1996)
(Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661251009/html/>)

1.6.3. Torque y Potencia

Esta prueba requiere de aspectos como tomar en cuenta la temperatura del motor a 198°F para iniciar dicha prueba también se debe encender el extracto de gases industrial instalado en la salida del tubo de escape, luego se debe tomar en cuenta el monitor del dinamómetro el mismo que da instrucciones del régimen que debe estar el motor para poder evaluar el rendimiento del motor.

1.6.4. Pruebas estáticas

Mediante estas pruebas se determinan las emisiones del vehículo con el equipo MET 6.3, se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204:2002 (Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores). Límites Permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de Diésel. También se determinan las concentraciones volumétricas de CO, CO₂, HC y NO₂ conjuntamente con el O₂ (Loachamín Guacollante, 2018).

Antes de proceder con las pruebas estáticas, se debe revisar en detalle el sistema de escape del vehículo, para garantizar su hermeticidad, y óptimas condiciones mecánicas del vehículo.

1.6.5. Ciclo IM-240

El ciclo IM-240 tiene como objetivo fundamental identificar dentro de los autos de circulación, aquellos que, por problemas mecánicos, están emitiendo a la atmósfera contaminantes que sobrepasan los estándares establecidos por la ley (Recalde Rojas & Revelo Argoti, 2015). Este protocolo es un análisis corto desarrollado para vehículos usados, enfocado en el propósito de tener una prueba rápida cuyos resultados sean correlacionados a los del protocolo FTP 75. Este ciclo tiene una duración de 240 s, recorre 1.96 millas (3.2 km) y su velocidad media es de 29.4 mph (47.3 km/h) con una velocidad máxima de 56.7 mph (91.2 km/h) (Recalde Rojas & Revelo Argoti, 2015).

Esta prueba se efectúa con un dinamómetro y con la ayuda de un software que permite al operador llevar y mantener las condiciones de manejo que se necesitan a lo largo del ciclo, para así poder determinar el nivel de contaminación en los distintos regímenes del motor (Rocha, 2018).

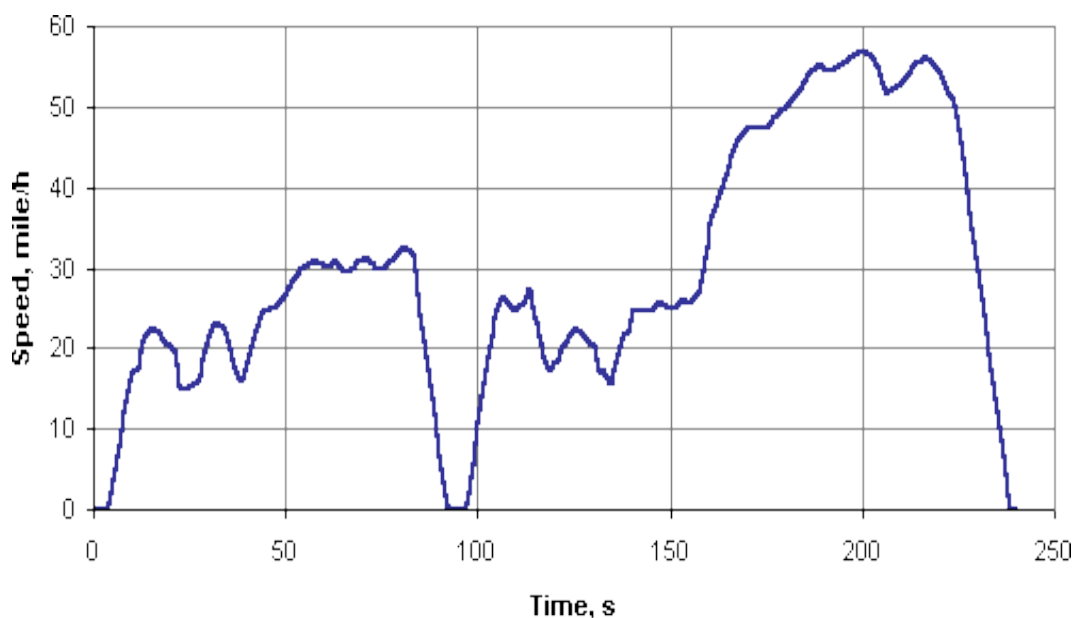


Figura 1.11. EPA Ciclo de prueba de inspección y mantenimiento IM-240.
(Fuente: <https://dieselnet.com/standards/cycles/images/im240.gif>. Ingresado el 1 de abril del 2022)

2. METODOLOGÍA

Con el fin de evaluar las emisiones contaminantes, material particulado e incidencia del azufre que existe en los combustibles a diésel, se efectúa pruebas en una camioneta great wall modelo wingle 7 del año 2020 con motor de inyección CRDI utilizando tres tipos de combustible diésel, comprados en la ciudad de Quito y Guayaquil.

El Estudio se lo realizó a 2850 msnm en la ciudad de Quito provincia de Pichincha con una temperatura promedio de 18°C, bajo ciclos estáticos y dinámicos los cuales fueron efectuados utilizando diferentes equipos de medición.

Para realizar el análisis tanto en consumo de combustible como de emisiones contaminantes fue necesario realizar las pruebas en una camioneta que cumpla con los requerimientos planteados al inicio del proyecto y analizando la influencia creciente de ventas que se ha tenido en el mercado ecuatoriano en los últimos años.

2.1. Equipos utilizados en la ejecución de las pruebas

Para desarrollar las pruebas se utilizó distintos equipos de medición del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV), puesto que este centro dispone de equipos normados para el estudio de emisiones contaminantes en Ecuador. Las pruebas se realizaron en un banco de potencia de marca MAHA modelo LPS 3000, el mismo que está acompañado de equipos auxiliares para realizar las pruebas y mediciones necesarias en el estudio.




Los equipos utilizados para la prueba dinámica del ciclo IM-240 fueron los siguientes:

- ✓ Vehículo de pruebas.
- ✓ Analizador de gases combinado para gasolina/diésel MET 6.3 MAHA.
- ✓ Sonda de temperatura de aceite.
- ✓ Dinamómetro LPS 3000 MAHA.
- ✓ Unidad de Control (Computadora).
- ✓ Extractor de gases.
- ✓ Tanque auxiliar de medición de combustible.
- ✓ Equipo de medición de Material Particulado.
- ✓ Opacímetro.

2.1.1. Vehículo de pruebas

En la Tabla 2.1 se puede visualizar las especificaciones técnicas que posee la camioneta utilizada con motor a diésel y fotografías captadas de diferentes ángulos en el laboratorio del (CCICEV) la cual se encuentra anclada en las paredes de la fosa para dar inicio a las pruebas a realizar.

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas del vehículo

 <p>a)</p>	 <p>b)</p>
 <p>c)</p> <p>Figura 2. 1. a) Vista Lateral del vehículo de pruebas. b) Vista frontal del vehículo de pruebas. c) Vista trasera del vehículo de pruebas (Fuente: Autores, 2022)</p>	
Cilindrada	1999 cc
Número de cilindros	4 cilindros
Potencia	140 Hp @ 4000 rpm
Torque	315 Nm @ 1400-2800 rpm
Tracción	4x2
Combustible	Diésel
Tonelaje	2.8 T
Designación de los neumáticos	235 / 70 R16
Relación de compresión	13.1

(Fuente: Autores, 2022)

2.1.2. Analizador de gases combinado para gasolina/diésel MET 6.3 MAHA

Mediante este equipo se puede medir las concentraciones de emisiones contaminantes en volumen de monóxido de carbono [CO en %V], dióxido de carbono [CO₂ en %V], oxígeno [O₂ en %V], hidrocarburos [HC en ppm], óxidos de nitrógeno [NO_x en ppm], con cálculo de valor lambda, opacidad [porcentaje y valor k] y material particulado [mg/m³], de los

vehículos con motor diésel o gasolina, durante condiciones reales de conducción que pueden ser en carretera o en un ciclo de conducción en un dinamómetro de chasis LPS 3000 de marca MAHA, de pertenencia del (CCICEV).

Sus componentes principales son:

- ✓ Analizar de gases de escape combinado MET 6.3 MAHA.
- ✓ Fuente de alimentación.
- ✓ Sonda de gases de escape de tubería flexible.
- ✓ Almacenamiento de datos a través de un computador portátil.
- ✓ Sistema de filtrado de impurezas.



Figura 2. 2. Analizador de gases MET 6.3 MAHA.
(Fuente: Autores, 2022)

En la Tabla 2.2 se muestra las especificaciones técnicas que posee el analizador de gases MET 6.3 de marca MAHA, el cual fue utilizado en las pruebas.

Tabla 2.2. Especificaciones técnicas del analizar de gases MET 6.3 MAHA.

PROPIEDADES TÉCNICAS DE MEDICIÓN						
Magnitudes	Rango de medición	Precisión de medición	Principio de medición	Resolución	Tiempo de reacción	Tiempo del gas
HC (hexano)	0-2 000 ppm	± 4 ppm abs. o 3% rel.	NDIR	1 ppm vol	3,5 s	2,8 s
HC (propano)	0-4 000 ppm	± 8 ppm abs. o 3% rel.				

	4 001-10 000 ppm	± 5% rel.				
	10 001-30 000 ppm	± 10% rel.				
CO	0,00-10,00 % vol	± 0,02% abs. o ± 3% rel.		0,01% vol		
	10,00-15,00 %vol	± 5% rel.				
CO ₂	0,00-16,00 %vol	± 0,03% abs. o ± 3% rel.				
	16,01-20,00 %vol	± 5% rel.				
O ₂	0,00-25,00 %vol	± 0,02% abs. o 1% rel.	Electroquímico	0,01% vol	5 s	3,3 s
Lambda	0-9,999		Calculado según Brett-schneider	0,001		
Coefficiente de opacidad	-1		Medición de extinción	-1	Modo A 0,05 s Modo B 1 s	1,8 s
Grado de opacidad	0-99%			0.1%		
Concentración de masa de partículas	1-1100 mg/m ³			1 mg/m ³		
Temp. Motor	0...150 °C			1 °C		
Número de revoluciones	400...8000 min-1			1 min-1		
Alimentación entrada del equipo						
Alimentación de corriente				10...30 V DC		
Consumo de energía				60 W		

(Fuente: KG, M. M. H. G. C. (2016-02-10). Manual de instrucciones original MET 6.1/6.2/6.3.)

2.1.3. Sonda de temperatura de aceite

Este instrumento sirve para determinar y controlar la temperatura del aceite durante las pruebas realizadas, puesto que deben efectuarse únicamente cuando el motor alcance la temperatura de servicio.



Figura 2. 3. Sonda de temperatura de aceite.
(Fuente: Autores, 2022)

2.1.4. Dinamómetro LPS 3000 MAHA.

Este equipo permite ejecutar diferentes pruebas para simular un perfil de velocidad en función del tiempo transcurrido. A través de este equipo podemos evaluar el torque y la potencia del motor de un vehículo, test de opacidad dinámica Lug Down, simulador de carga, evaluar elasticidad de un motor, control de tacómetro, consumo de combustible, análisis de emisiones contaminantes [19], razón por la cual se usa en el ciclo IM-240 y sus principales componentes son:

- ✓ Cajas de interfaces
- ✓ Sistema de extracción de gases de escape
- ✓ Juego de rodillos R200/2



Figura 2. 4. Dinamómetro de chasis LPS 3000 MAHA.
(Fuente: Autores, 2022)

En la Tabla 2.3 se muestra la ficha técnica del equipo Dinamómetro LPS 3000 MAHA, que fue empleado en las pruebas realizadas.

Tabla 2.3. Especificaciones técnicas LPS 3000

FICHA TÉCNICA LPS 3000	
Juego de rodillos	R200/2
Carga sobre el eje	15 t
Longitud (mm)	2260 por rodillo
Ancho (mm)	1100
Altura (mm)	865
Peso	Aprox. 1250 kg por rodillo
Longitud de rodillo	900 mm
Vía min.	1000 mm
Vía máx.	2800 mm
Diámetro mínimo de rueda para ensayar	12"
Diámetro rodillo	318 mm
Distancia entre rodillos	565 mm
Sobreelevación rodillo	----
Sistema de elevación con bloqueo de rodillos	Hidráulica
Datos corr. parasita	2x330 kW
Alimentación	400 V / 50 Hz
Protección por fusible	35 A lento

Velocidad de ensayo	Max. 200 km/h
Potencia rueda	30 – máx. 400 kW
Fuerza de tracción	Max. 15 kN
Núm. De revoluciones	10 – 10 000 rpm
Precisión de medición	± 2% del valor de medición

Nota. La protección de ruido debe estar homologada para un nivel de ruido hasta 120 db(A).

(Fuente: Maha, 2010)

2.1.5. Unidad de Control mediante una Computadora

Para realizar las pruebas de consumo de combustible y de emisiones contaminantes, el banco de pruebas LPS 3000 debe conectarse a una consola de mando (computadora) donde ayuda a tomar distintos tipos de condiciones a las que estamos trabajando, puesto que los ensayos son realizados a 2800 msnm. Dentro de esta unidad de control se registran el número de revoluciones del motor, datos del ambiente, datos OBD, temperaturas, presiones, señales analógicas y nos permite cargar el ciclo NEDC para su ejecución.



Figura 2. 5. Pantalla de condiciones de prueba.

(Fuente: Autores, 2022)

La caja de interfaces es una caja de conexión donde van las señales justamente para llegar del dinamómetro a la computadora, la cual se encuentra localizada encima de un pedestal.

2.1.6. Extractor de gases

A través de este instrumento se evacúa los gases de combustión del motor, generados por las pruebas realizadas, y se garantiza un lugar de trabajo sin contaminación. Se instala en el tubo de escape y se dirige al exterior de las instalaciones.



Figura 2. 6. Extractor de gases.
(Fuente: Autores, 2022)

2.1.7. Tanque auxiliar de medición de Combustible

Debido a que las pruebas se realizaron con tres diferentes tipos de diésel, fue necesario la implementación de un tanque auxiliar de combustible, con la finalidad de garantizar un cambio ágil, fácil y de conocer la cantidad de combustible consumido. Al realizar la medición de consumo se utilizó una probeta plástica con fracciones de mililitros en su exterior.



Figura 2. 7. Tanque auxiliar y probeta marcada en ml.
(Fuente: Autores,2022)

2.1.8. Opacímetro

En la tabla 2.4 se muestran las especificaciones técnicas que presentan el equipo utilizado el cual sirve para evaluar la opacidad de los gases en las pruebas de diferentes tipos de diésel. Se utiliza el opacímetro MAHA MDO2, el cual realiza el diagnóstico de la opacidad de los gases mediante corriente de flujo con aceleración libre o bajo carga del motor. Además, ejecuta la captación instantánea o continua de los valores medidos. A este equipo lo complementan dos elementos: instrumento de medición u opacímetro y un terminal de mando con impresora de datos para observar los valores en gráfica y números de los resultados de medición. Estos valores se toman mediante el procedimiento de muestreo de descargas parciales en una cámara cerrada, evaluando el grado de obscuridad de los gases de escape generados por el motor diésel.

Tabla 2.4. Especificaciones técnicas del opacímetro

FICHA TÉCNICA ANALIZADOR DE GASES	
Alimentación de corriente red eléctrica	230V AC/ 50 Hz
Alimentación de corriente de la red del vehículo	12 V / 24 V DC
Principio de medición	Absorción fotométrica
Consumo de energía	Media: 100 W-Máximo: 130 W
Longitud de la cámara de medición	430 mm
Diámetro exterior	28 mm
Diámetro interior	25 mm
Calentamiento de la cámara de medición	Calefactor de camisa
Tiempo de calentamiento	Aprox. 3 min
Material de la célula de medición	V2A
Radiador	Diodo luminiscente de luz verde pulsada (567 nm)
Detector	Fotodiodo de temperatura compensada, eliminación de luz extraña
Opacidad	0-100%
Coeficiente de absorción	0-9,99 1/m
Número de revoluciones	400-8000 rpm
Temperatura de aceite	0-150 °C
Temperatura de utilización	0-50°C
Temperatura de almacenamiento	-10- 60 °C

Fuente: (Maha, 2010)



Figura 2. 8. Opacímetro, MAHA MDO2.
(Fuente: Maha,2010)

2.2. Procedimiento

El objetivo principal de las pruebas a realizar es determinar el desempeño mecánico del motor, el material particulado y la opacidad de los gases producidos en la combustión para cada mezcla ensayada utilizando diésel premium con diferentes concentraciones de azufre.

A continuación, se detalla el proceso para realizar la prueba:

1. Verificar condiciones mecánicas del vehículo y garantizar hermeticidad del sistema de escape.
2. Estacionar el vehículo asegurando que las ruedas motrices deben estar sobre los rodillos alineados a la ranfla del Dinamómetro LPS 3000 MAHA.



Figura 2. 9. Centrado de las ruedas del vehículo con los rodillos LPS 3000.
(Fuente: Autores,2022)

3. Anclar el vehículo a las paredes laterales de la fosa.



Figura 2. 10. Anclaje del vehículo de pruebas al dinamómetro LPS 3000.
(Fuente: Autores,2022)

4. Desconectar las cañerías de entrada de combustible desde el tanque al filtro y mantener encendido el motor para que se consuma el diésel existente en el sistema, por un tiempo determinado sin permitir que el motor se apague, durante este proceso la manguera de retorno de combustible permanece conectado al tanque del vehículo.



Figura 2. 11. Instalación del acople del tanque de combustible externo a la entrada de combustible al motor.
(Fuente: Autores,2022)

5. Apagar el motor.
6. Conectar los acoples necesarios con el recipiente externo que contiene el combustible de prueba a la línea de entrada de combustible al filtro y desconectar el retorno al tanque para conectarlo al recipiente externo.



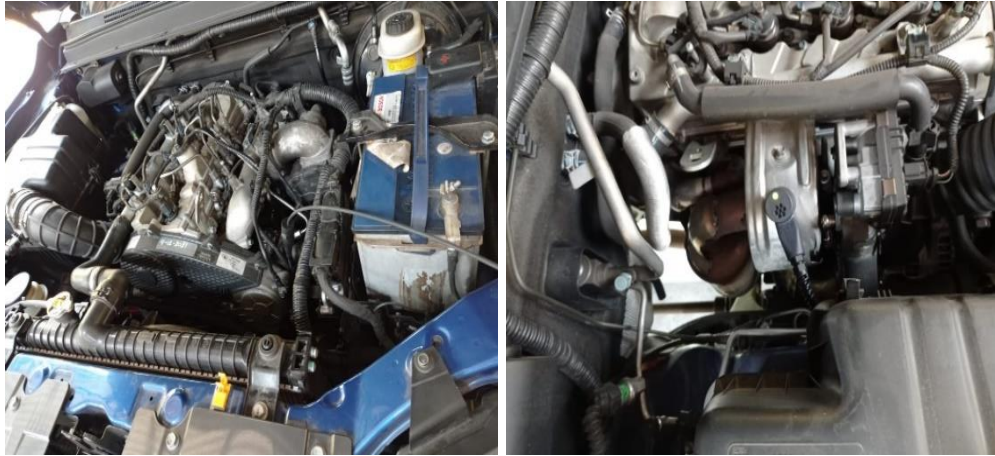
Figura 2. 12. Conexión del tanque de combustible externo al vehículo de prueba.
(Fuente: Autores,2022)

7. Encender el vehículo.
8. Instalar y asegurar la sonda del analizador de gases MET 6.3 MAHA a la salida del tubo de escape del vehículo.



Figura 2. 13. Instalación de sonda del analizador de gases del MET 6.3.
(Fuente: Autores,2022)

9. Conectar la sonda de temperatura de aceite, la cual se coloca en lugar de la varilla de medición del nivel de aceite del motor, y el medidor de rpm en la salida de escape del motor.



a)

b)

Figura 2. 14. a) Instalación de sonda de temperatura de aceite en el motor. b) Instalación de medidor de rpm en el escape del motor.
(Fuente: Autores,2022)

10. Ubicar el extractor de gases a la salida de las emisiones contaminantes del motor en el tubo de escape del vehículo.



Figura 2. 15. Instalación de extractor de gases.
(Fuente: Autores, 2022)

11. Encender el analizador de gases MET 6.3, LPS 3000 y el analizador de material particulado.



Figura 2. 16. MET encendido.
(Fuente: Autores,2022)

12. Ingresar los datos del tipo de vehículo, tipo de prueba y datos técnicos al MET 6.3.
13. Seleccionar y cargar el ciclo de ruta IM-240 en el equipo LPS 3000 en el panel de control. Antes de iniciar la medición de gases esperar que el motor alcance la temperatura normal de funcionamiento.

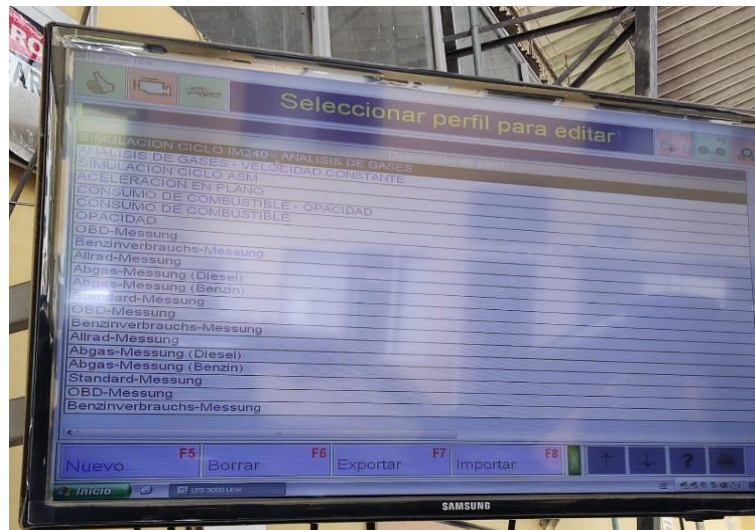


Figura 2. 17. Selección del ciclo IM-240 / análisis de gases.
(Fuente: Autores,2022)

14. Dar inicio al ciclo IM-240, medición de gases con el equipo MET 6.3 MAHA y medidor de material particulado.
15. Conducir el vehículo siguiendo la ruta preestablecida por el equipo, procurando estar dentro de la zona de tolerancia de la prueba y evitar que sea cancelada por el equipo.

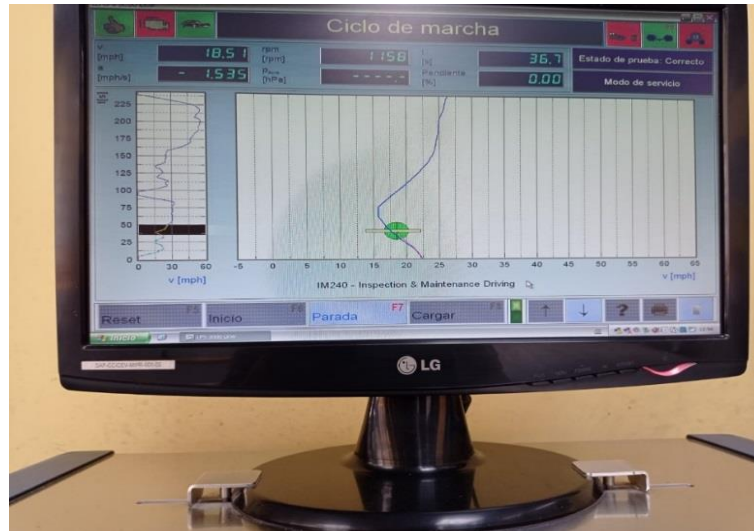


Figura 2. 18. Ciclo de marcha IM-240.
(Fuente: Autores, 2022)

16. Grabar los datos obtenidos del computador.
17. Apagar el motor.
18. Medir el combustible de 5000 ml inicial al consumido durante la prueba.

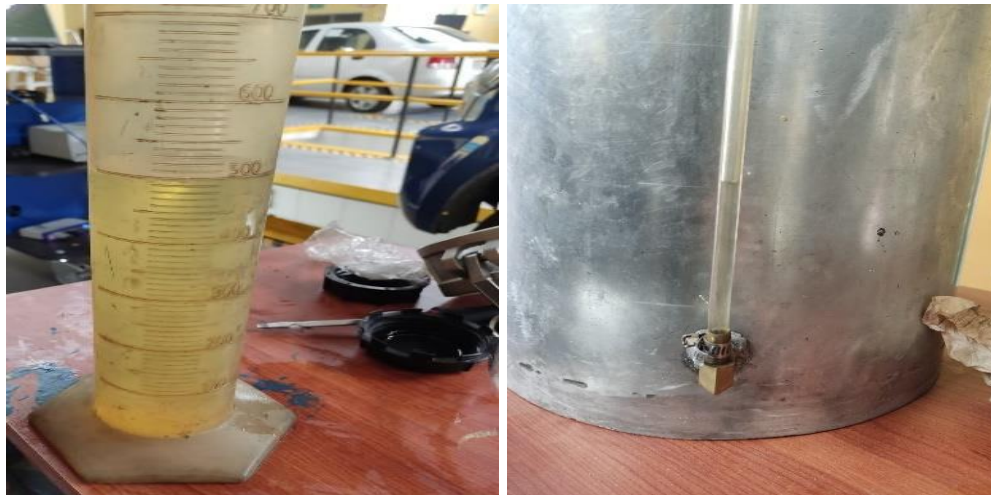


Figura 2. 19. Medición del consumo de combustible.
(Fuente: Autores, 2022)

19. Vaciar el combustible utilizado y cambiarlo por el nuevo combustible.



Figura 2. 20. Cambio de combustible en el tanque externo.
(Fuente: Autores,2022)



Figura 2. 21. 5000 ml de la mezcla de diésel de Quito-Guayaquil.
(Fuente: Autores,2022)

20. Para cada prueba repetir el procedimiento desde el paso 10.
21. Guardar los resultados obtenidos del ciclo IM 240 y del Material Particulado.
22. Desconectar todos los equipos y realizar la limpieza del lugar.

2.3.3. Método de Aceleración Libre

La medición de opacidad se la puede realizar mediante el siguiente procedimiento:

1. Encender el vehículo.
2. Verificación de fugas para garantizar hermeticidad en el sistema de escape.
3. Acelerar hasta las revoluciones de corte al menos tres veces consecutivas para así lograr que se purgue el sistema de escape.
4. Encender el opacímetro.



Figura 2. 22. Opacómetro.
(Fuente: Autores, 2022)

5. Ubicar la sonda a la salida del tubo de escape del vehículo.
6. Acelerar el vehículo de manera constante hasta 2500 rpm y soltar el pedal del acelerador para que el motor regrese a ralentí.
7. Realizar el mismo procedimiento anterior cada vez que se dé la señal en el mando del opacómetro.
8. Los resultados de la medición se imprimen, tomando como válidos los tres valores más cercanos con una desviación no mayor al 10%. Además, hay que considerar que la secuencia no debe ser decreciente.

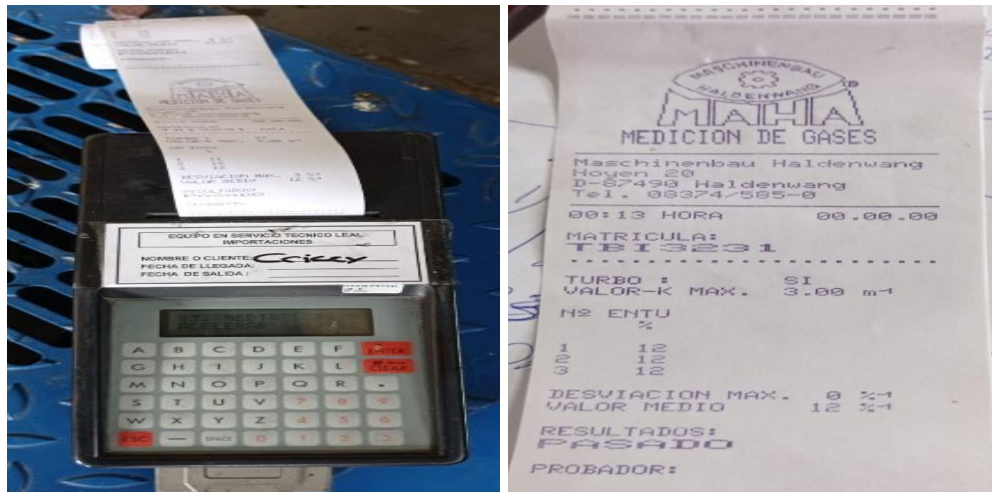


Figura 2. 23. Impresión de resultados de la prueba de opacidad.
(Fuente: Autores, 2022)

9. Esta prueba se realiza al finalizar las pruebas IM-240 con el tipo de diésel que se lo requiera.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas se realizaron en una camioneta GREAT WALL, modelo Wingle 7 año 2020 con motor a diésel y sistema de inyección CRDI, en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares-CCICEV. Se utilizó el ciclo IM-240 programado en el dinamómetro de chasis LPS 3000.

3.1. Resultados de la caracterización del diésel.

La caracterización del diésel se realizó en el Laboratorio de Combustibles, Biocombustibles y Aceites Lubricantes (LACBAL) perteneciente al departamento de Ingeniería Química de Escuela Politécnica Nacional.

Todo este proceso se llevó a cabo bajo la norma ASTM-D4294-16e1, la cual es una prueba estándar para determinar el contenido de azufre total en petróleo y sus derivados bajo condiciones ambientales. La cantidad de azufre que permite medir este método se encuentra en el rango de los 17 [ppm] hasta los 46000 [ppm] (ASTM,2016).

En la figura 3.1, se presentan los resultados obtenidos de las tres muestras adquiridas en gasolineras de PETROECUADOR de dos ciudades, Quito y Guayaquil, y otorgadas al LACBAL, luego de realizar la prueba de caracterización del diésel bajo la norma ASTM-D4294-16e1, donde se puede observar que el combustible obtenido en la ciudad de Quito presenta un contenido de azufre de 43.9 [ppm] mientras que el combustible adquirido en la ciudad de Guayaquil tiene un contenido de azufre de 18.4 [ppm] y la mezcla volumétrica entre los dos combustibles anteriores tiene un total de 31.1 [ppm].

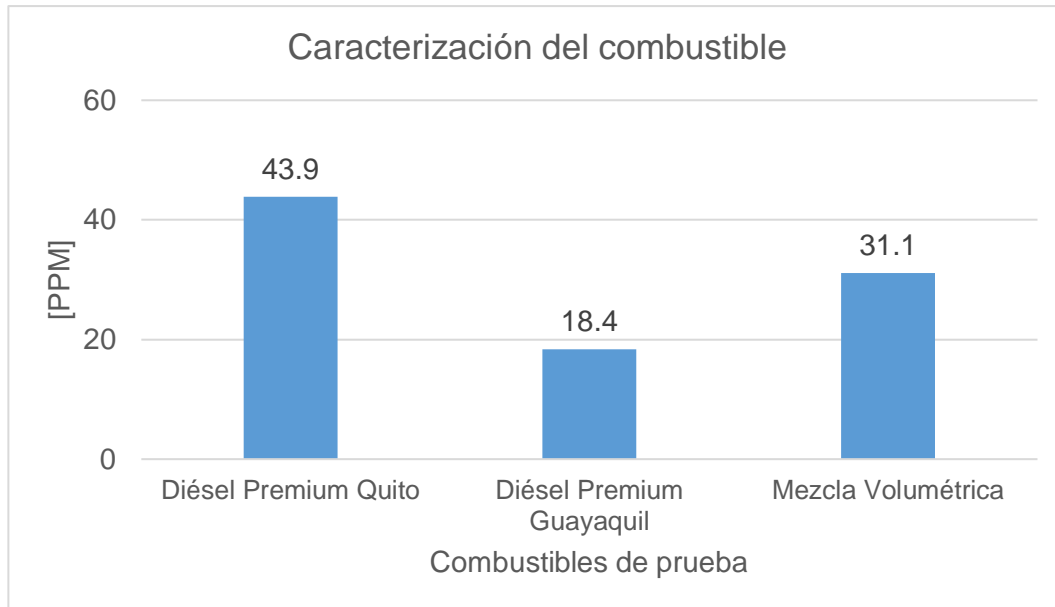


Figura 3. 1. Resultados de la caracterización de los combustibles de prueba.
(Fuente: Autores,2022)

3.2. Resultados de los contaminantes durante la prueba IM-240.

3.2.1. Gráficos de ejemplo de las emisiones contaminantes obtenidas del ciclo IM-240

Siguiendo el protocolo de pruebas se realizaron cuatro ensayos por cada tipo de combustible diésel siguiendo el ciclo IM-240, el sistema de adquisición de datos del dinamómetro LPS 3000 registra los valores de los contaminantes medidos con el MET 6.3 durante los 240 segundos que dura la prueba, los resultados de una prueba como ejemplo se grafican en las figuras 3.2, 3.3 y 3.4.

En la Figura 3.2, se grafican las emisiones de CO_2 y O_2 para el diésel premium de 31.1 [ppm] en contenido de azufre. Cuyos valores fueron obtenidos del ensayo IM- 240, dando como resultados 2945 datos obtenidos. Se observa que en la gráfica 3.2 el proceso de combustión de CO_2 presenta una tendencia inestable, con respecto a la emisión contaminante del O_2 el cual es un comportamiento contrapuesto. Mientras que en la figura 3.3, la emisión del CO tiene un comportamiento muy elevado al inicio del ensayo y estos valores van disminuyendo en el transcurso del tiempo volviendo al ensayo para la emisión un ciclo estable.

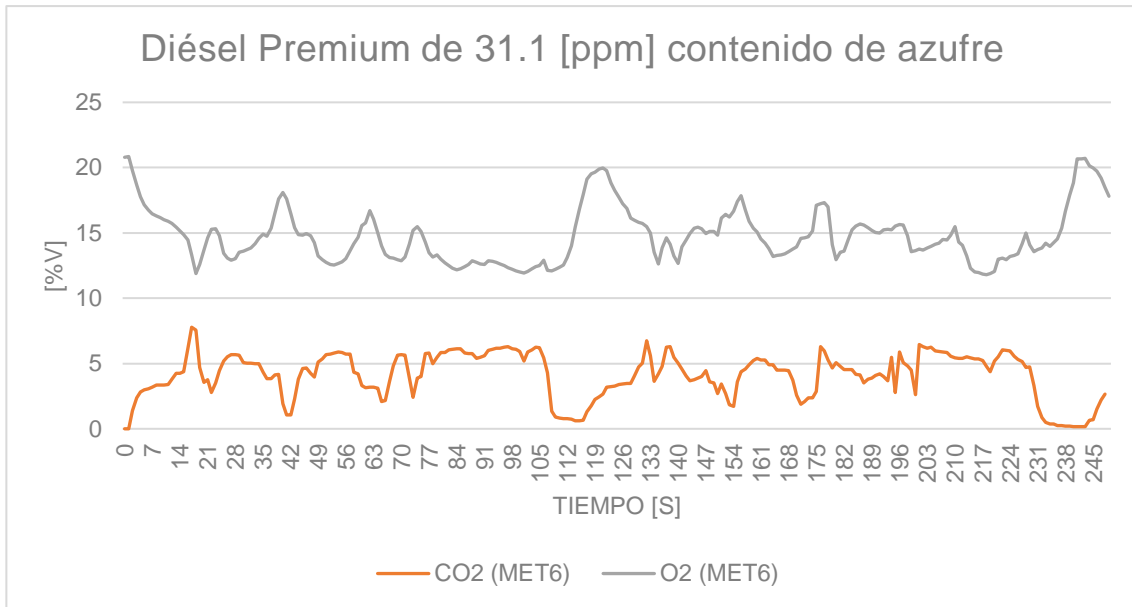


Figura 3. 2. Resultado de las emisiones contaminantes de CO2 y O2 por [%V] de la mezcla volumétrica del Diésel Premium con 31.1 [ppm] de azufre. (Fuente: Autores, 2022)

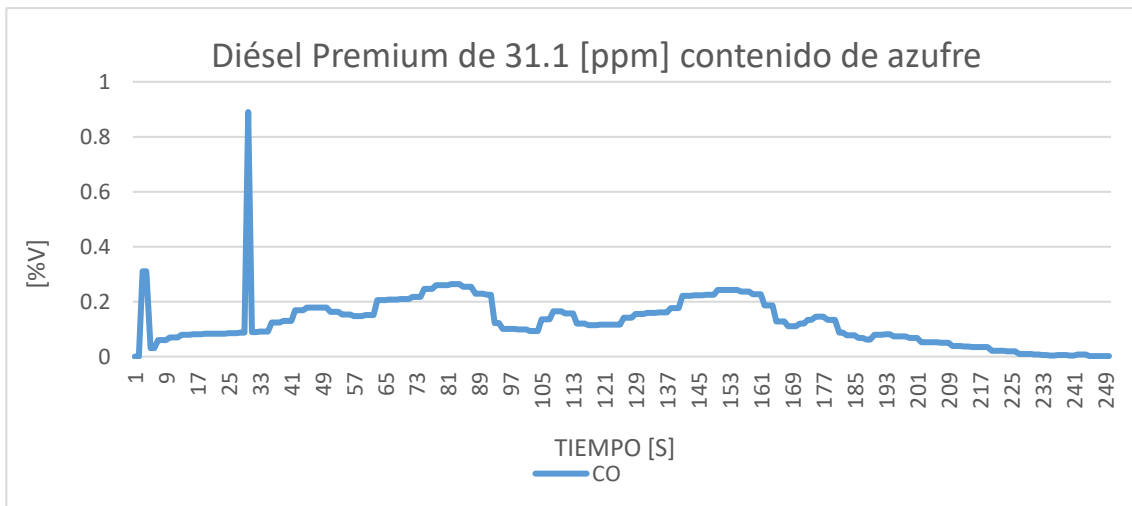


Figura 3.3. Resultado de las emisiones contaminantes de CO por [%V] de la mezcla volumétrica del Diésel Premium con 31.1 [ppm] de azufre. (Fuente: Autores, 2022)

La figura 3.4, muestra dos ejes a considerar el de la izquierda que representa la emisión contaminante del óxido de nitrógeno NO que indica que tiene índices de aumento en varios puntos del ensayo, debido a una mejor eficiencia que presenta en la combustión, Mientras que en el eje de la derecha está considerado la emisión contaminante de hidrocarburo, la cual al principio del ensayo tiene un comportamiento muy elevado y en el transcurso del tiempo una reducción volviendo poco estable lo cual significa que en la muestra utilizada esta presenta una mejor combustión.

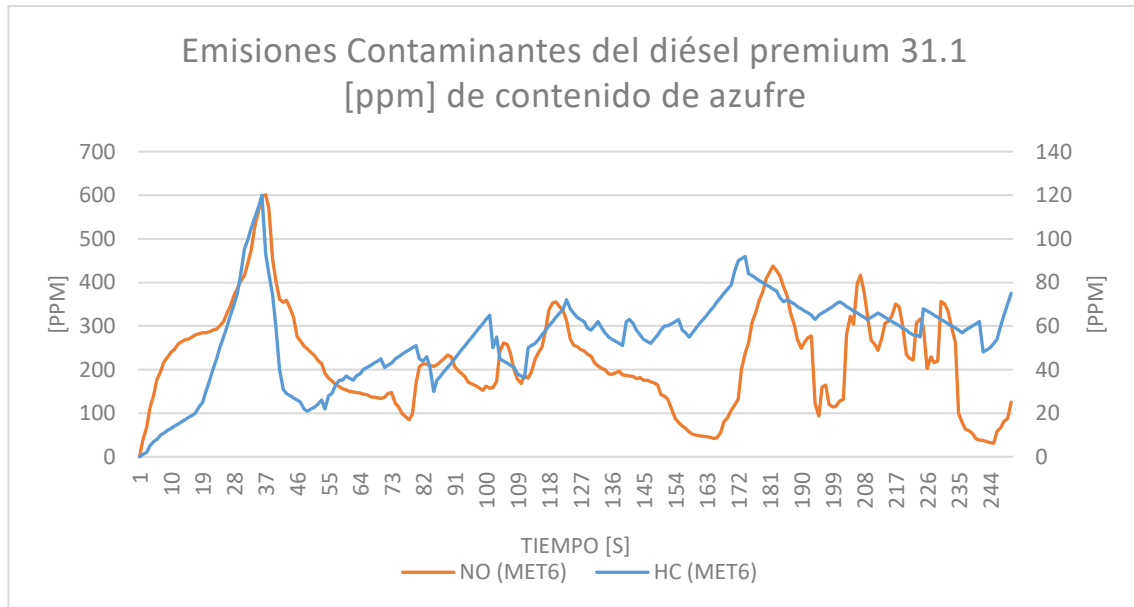


Figura 3.4. Resultado de las emisiones contaminantes HC y NO por ppm de la mezcla volumétrica del Diésel premium con 31.1 [ppm] de azufre. (Fuente: Autores, 2022)

3.2.2. Resultados promedios de las emisiones para los tres tipos de combustible diésel.

Los resultados que se obtuvieron de las cuatro pruebas de emisiones realizadas a cada tipo de combustible, bajo el ciclo de prueba IM-240, han sido promediados y se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resultados obtenidos.

	CO ₂ [%]	CO [%]	HC [ppm]	NO _x [ppm]	O ₂ [%]
Diésel premium de 43.9 [ppm]	4,75	0,0020	21	190	14,213
Mezcla Volumétrica de 31.1 [ppm]	4,33	0,0017	20	185	14,66
Diésel premium de 18.4 [ppm]	4,48	0,0010	13	156	14,210

(Fuente: Autores,2022)

3.2.3. Gráficas de contaminantes en función del contenido de azufre.

3.2.3.1. Dióxido de carbono CO₂

En la figura 3.5 se muestra las emisiones promedio de CO₂ para los tres combustibles analizados.

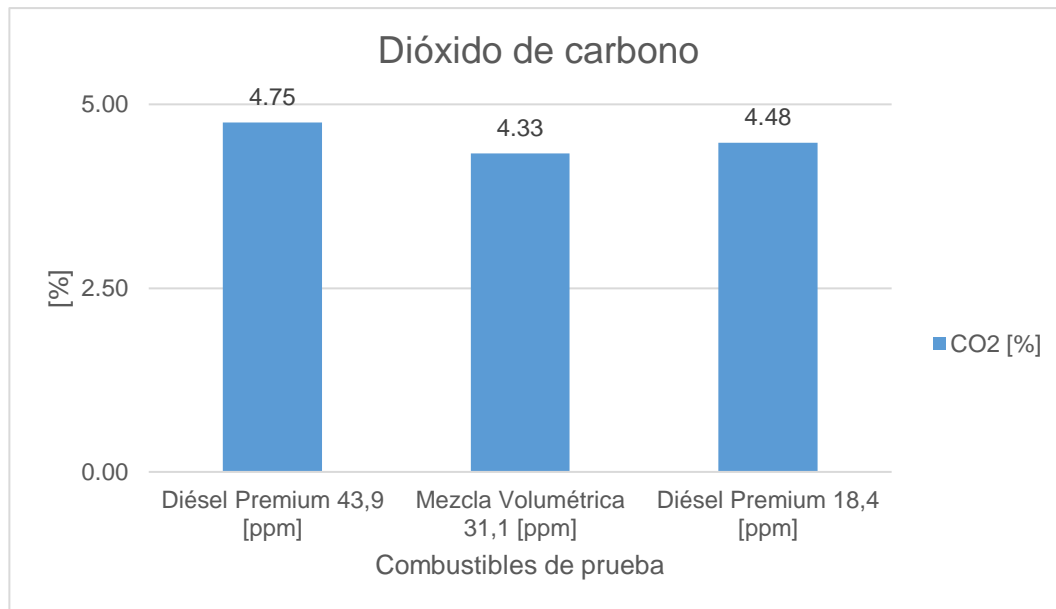


Figura 3. 5. Comportamiento del dióxido de carbono.
(Fuente: Autores, 2022)

Para el vehículo de pruebas, camioneta GREAT WALL modelo Wingle 7 año 2020, los resultados muestran que el CO₂, está en el orden de comportamiento de los motores diésel no presentándose una mayor incidencia con el contenido de azufre, esto se debe a que se probó con combustibles de un contenido de azufre menor a 50 [ppm].

3.2.3.2. Monóxido de Carbono CO

La figura 3.6 indica los porcentajes de monóxido de carbono obtenido en las pruebas realizadas para cada tipo de combustible usado.

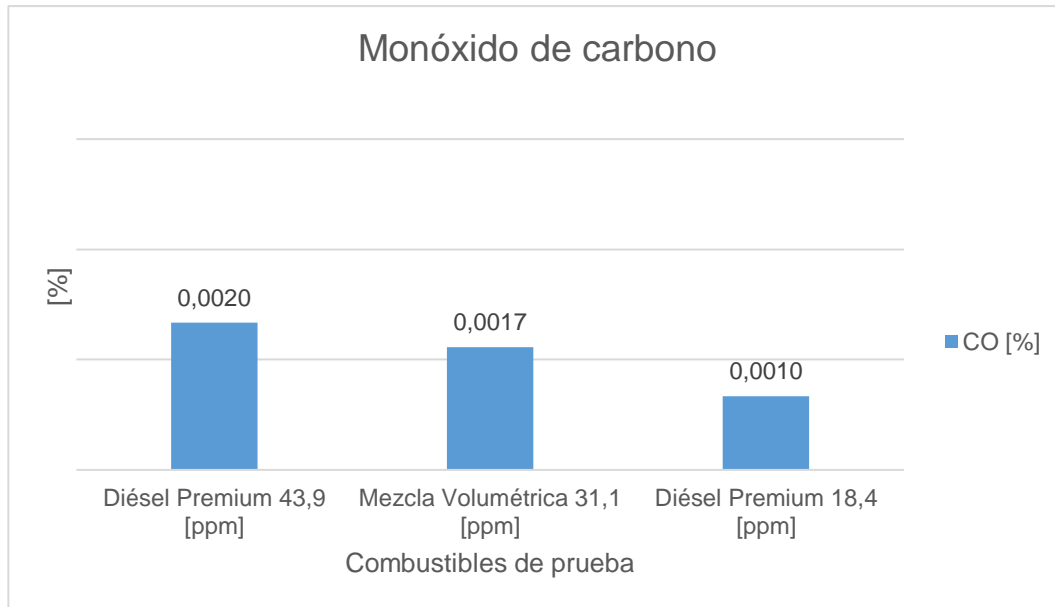


Figura 3. 6. Comportamiento de monóxido de carbono.
(Fuente: Autores, 2022)

Para la camioneta de pruebas utilizada, las concentraciones de CO son bastantes bajas, razón por la cual no se nota la influencia del contenido de azufre en el CO.

3.2.3.3. Hidrocarburo [ppm]

La figura 3.7 refleja las emisiones promedio de hidrocarburos HC para los combustibles de prueba utilizados.

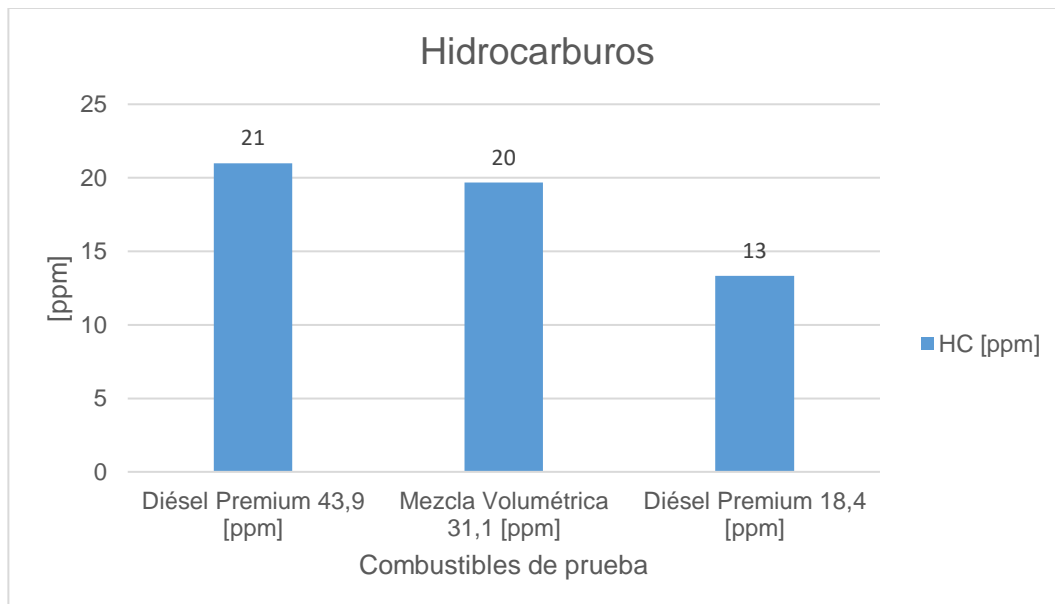


Figura 3. 7. Comportamiento de los hidrocarburos.
(Fuente: Autores, 2022)

La incidencia del contenido azufre en las emisiones de HC no se evidencia que es importante debido a que las emisiones son bajas, esto es, se miden en [ppm].

3.2.3.4. Óxidos de nitrógeno [ppm]

En la figura 3.8 se presenta los valores promedios de emisiones de óxidos de nitrógeno NOx, para cada combustible utilizado, obtenidos durante las pruebas realizadas bajo el ciclo IM 240.

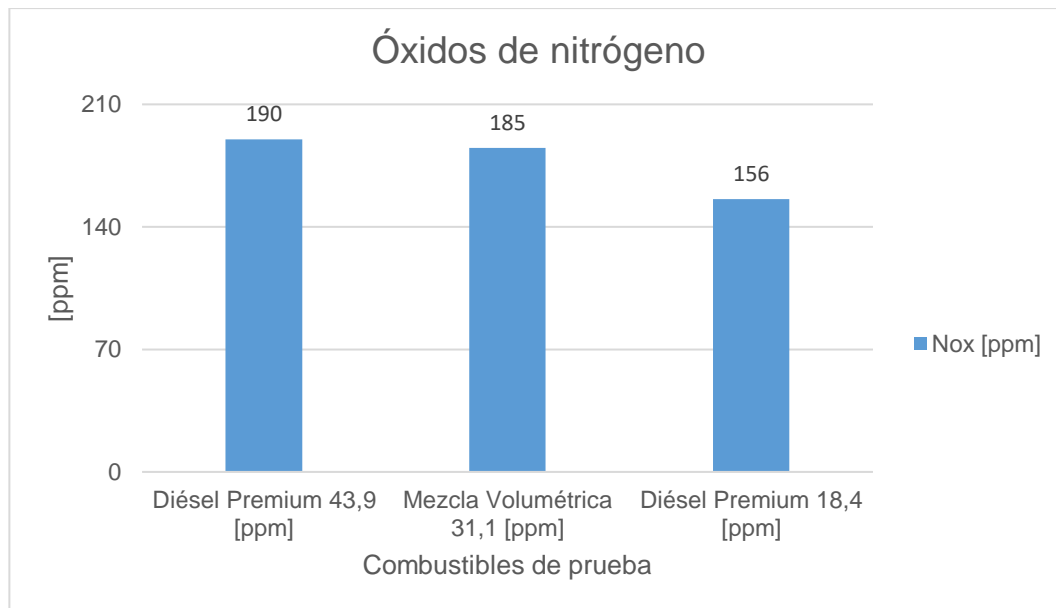


Figura 3. 8. Comportamiento de los óxidos de nitrógeno.
(Fuente: Autores, 2022)

Los NOx medidos en la camioneta de pruebas muestran que se encuentran congruentes con las concentraciones de CO₂, debido a una mejor combustión que genera mayor CO₂, por cual evidentemente aumenta la temperatura y se producen mayores emisiones de NOx.

3.2.3.5. Oxígeno

La figura 3.9 indica la variación del contenido de oxígeno, para cada muestra de combustible, obtenido durante el desarrollo de las pruebas.

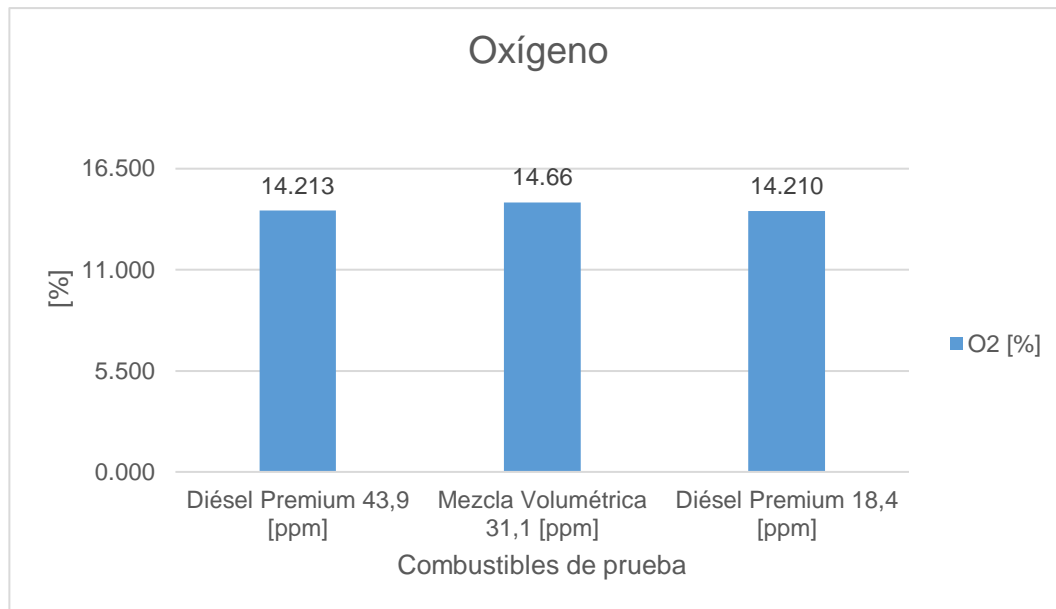


Figura 3.9. Comportamiento del oxígeno.
(Fuente: Autores, 2022)

La cantidad de oxígeno para la camioneta de pruebas evidencia que es un motor que trabaja con mezcla pobre por tener exceso de oxígeno y el contenido de azufre no tiene incidencia en estos valores.

3.2.3.6 Material Particulado 2.5

Los resultados de las pruebas al medir el material particulado 2.5 se encuentran tabulados en unidades de $[mg/m^3]$ en la tabla 3.4, tomando en cuenta que se realizó un promedio para establecer el comportamiento a través del ciclo IM-240.

Tabla 3. 2. Resultados del material particulado 2.5.

Prueba del Combustible	N° Muestra	Valor $[mg/m^3]$	Valor Promedio $[mg/m^3]$
Diésel Premium de 43.9 [ppm]	1	32,54	43,42
	2	35,23	
	3	62,48	
Diésel Premium de 18.4 [ppm]	1	27,43	30,67
	3	31,87	
	4	32,72	
Mezcla Volumétrica de 31.1 [ppm]	2	30,69	34,68
	3	37,96	
	4	35,39	

(Fuente: Autores, 2022)

Al utilizar tres tipos de combustibles con diferente contenido de azufre se observa que el material particulado disminuye en función del contenido de azufre, lo cual es congruente ya que el azufre es un precursor en la formación de material particulado. Este comportamiento se puede observar en la figura 3.10.

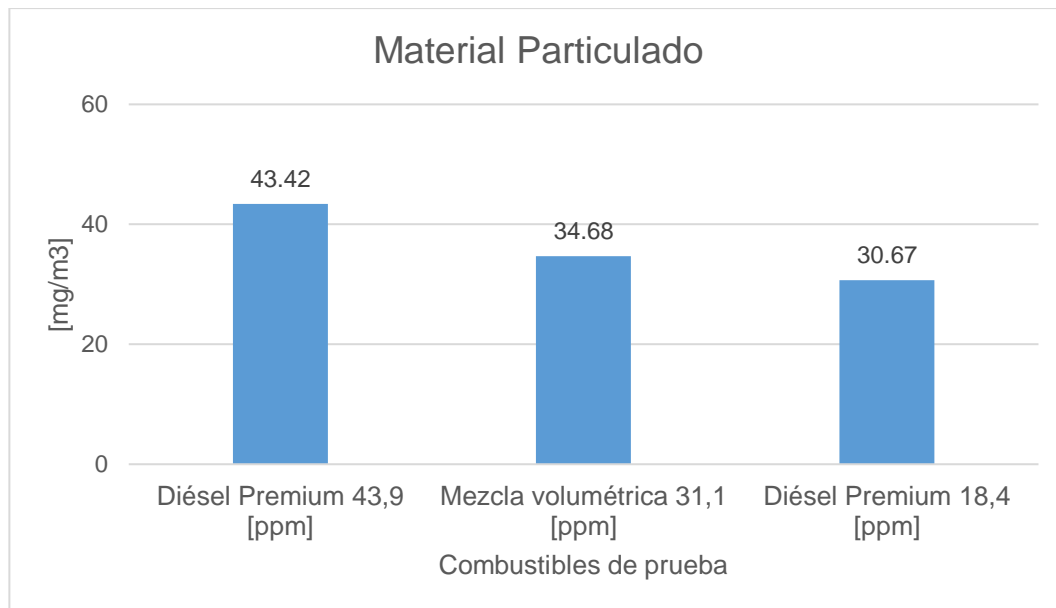


Figura 3.10. Material particulado de los combustibles de prueba.
(Fuente: Autores, 2022)

3.3. Rendimiento de combustible

El rendimiento de combustible presentado en la figura 3.11. Son valores promediados de cada prueba realizada por cada muestra de combustible utilizado. Los valores se midieron en base al volumen consumido. En la camioneta de pruebas se puede observar que para el mismo ciclo de conducción existe un mayor rendimiento de combustible en la mezcla volumétrica de los dos combustibles.

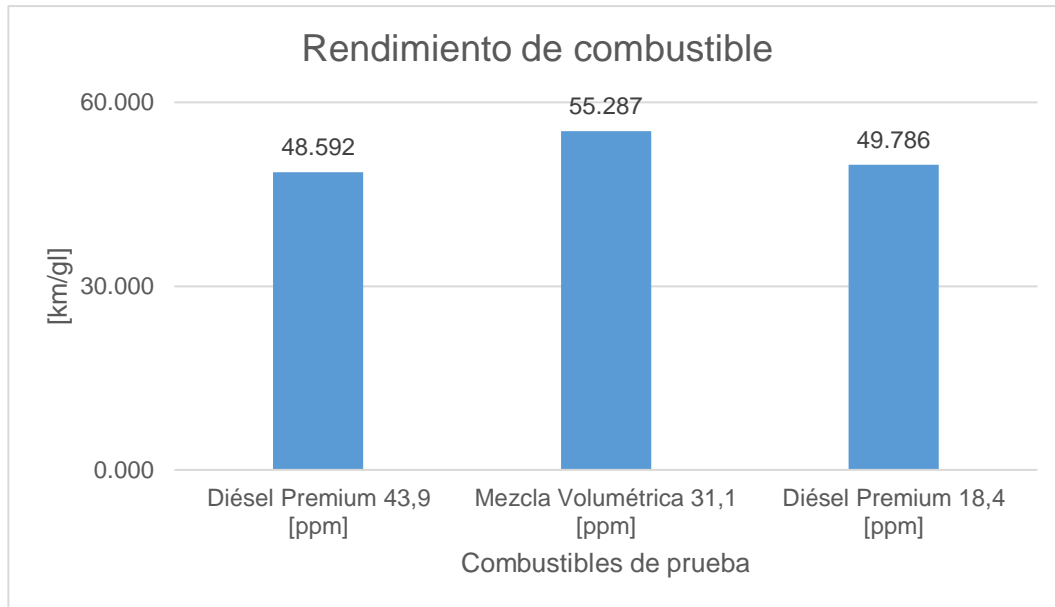


Figura 3.11. Rendimiento de combustible.
(Fuente: Autores, 2022)

3.4. Resultados de los factores de emisiones durante la prueba IM-240.

Los factores de emisión indican la relación entre la cantidad de contaminante que se emite a la atmósfera y los kilómetros recorridos durante la prueba. En la tabla 3.3 se indican los valores obtenidos mediante el modelo simplificado de la combustión.

Tabla 3.3. Resultados obtenidos de los factores de emisiones contaminantes.

	Diésel premium de 18.4 [ppm]	Diésel premium de 43.9 [ppm]	Diésel premium de 31.1 [ppm]
FCO (g/Km)	0,003	0,048	0,004
FHC (g/Km)	0,006	0,009	0,008
FNOX (g/Km)	0,047	0,056	0,053

(Fuente: Autores, 2022)

3.4.1. Gráficas de los factores de emisiones contaminantes durante la prueba IM-240.

En las gráficas 3.12, 3.13, 3.14 se indica las comparaciones de los factores de emisión por cada combustible de prueba utilizando el ciclo IM-240 y los límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor diésel, según NTE INEN 2 207.

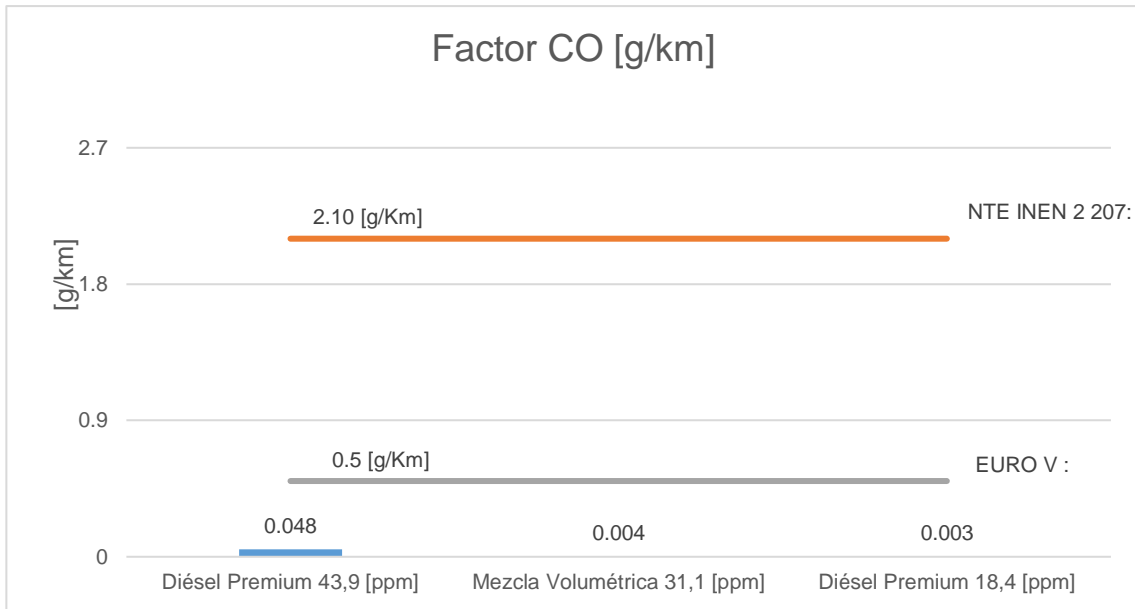


Figura 3.12. Comparación del factor de emisión CO de los combustibles de prueba y NT INEN 2 207.
(Fuente: Autores, 2022)

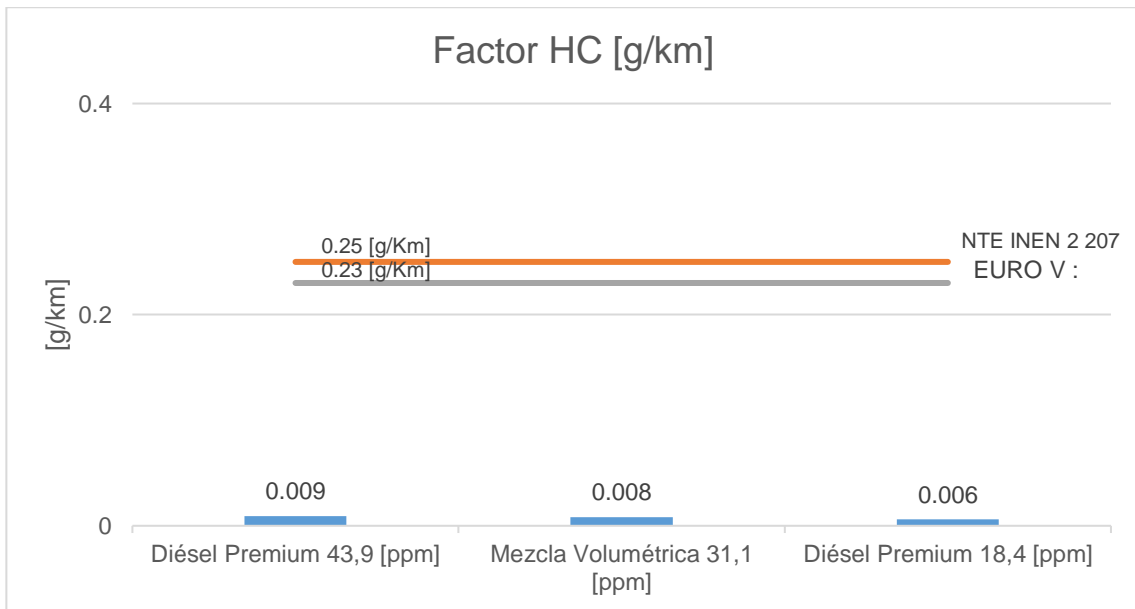


Figura 3.13. Comparación del factor de emisión HC de los combustibles de prueba y NTE INEN 2 207.
(Fuente: Autores, 2022)

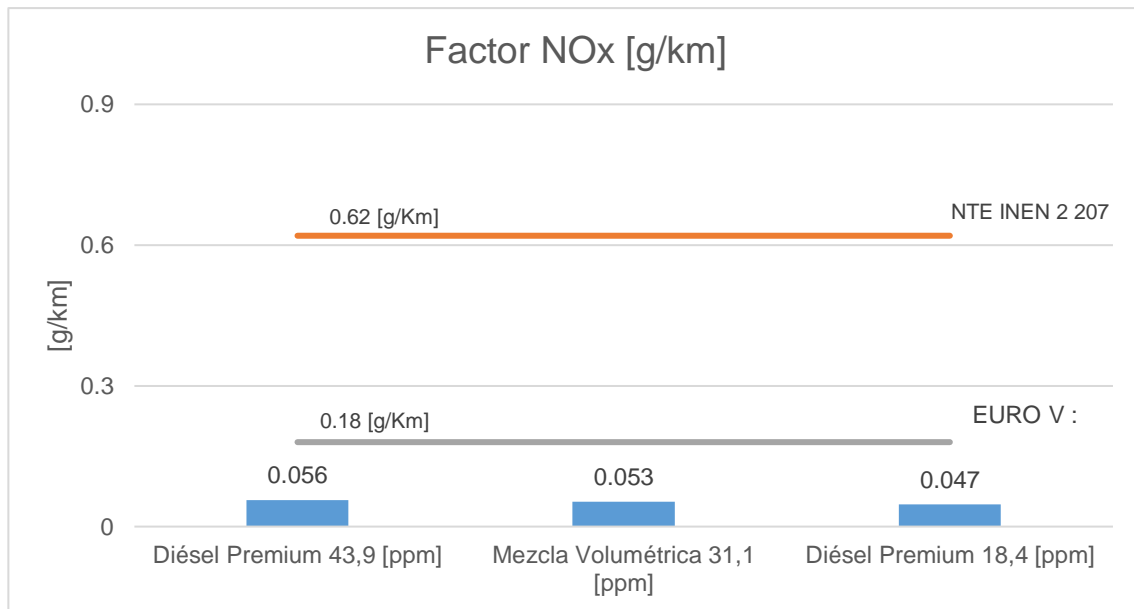


Figura 3.14. Comparación del factor de emisión NOx de los combustibles de prueba y NTE INEN 2 207.
(Fuente: Autores, 2022)

Al analizar las figuras 3.12, 3.13 y 3.14 se puede establecer que:

- Los factores de emisión vehicular del CO, HC y NOx, para la camioneta de pruebas great wall 7, obtenidos durante las pruebas realizadas con los tres tipos de combustibles bajo el ciclo IM-240 y comparados con los límites máximo de factores de la norma NTE INEN 2 207, que se refiere al ciclo FTP 75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica), y EURO V, se aprecia que los valores obtenidos en nuestros ensayos son menores a los de la norma.

3.5. Opacidad

La opacidad medida en el vehículo de prueba utilizando tres mezclas de combustible diésel se realizó mediante una prueba estática en base al método de aceleración libre y los resultados tabulados se encuentran en la tabla 3.4.

Tabla 3. 4. Resultados obtenidos de opacidad.

Prueba del Combustible	Parámetros	RPM	Opacidad 1 [%]	Opacidad 2 [%]	Opacidad 3 [%]	Promedio Parcial [%]	Valor Promedio [%]
Mezcla volumétrica 31,1 [ppm]	Prueba 1	Aceleración libre	10	9	9	9,33	10
	Prueba 2	Aceleración libre	9	10	10	9,67	
	Prueba 3	Aceleración libre	10	10	11	10,33	
Diésel Premium 18,4 [ppm]	Prueba 1	Aceleración libre	10	12	12	11,33	12
	Prueba 2	Aceleración libre	11	14	12	12,33	
	Prueba 3	Aceleración libre	11	12	12	11,67	
Diésel Premium 43,9 [ppm]	Prueba 1	Aceleración libre	11	10	10	10,33	12
	Prueba 2	Aceleración libre	12	12	12	12,00	
	Prueba 3	Aceleración libre	11	14	12	12,33	

(Fuente: Autores, 2022)

En la gráfica 3.15, compara el porcentaje de opacidad obtenido de los tres tipos de combustible diésel con la norma NTE INEN 2207 y se puede analizar que ninguno sobrepasa el 50% establecido en la norma.

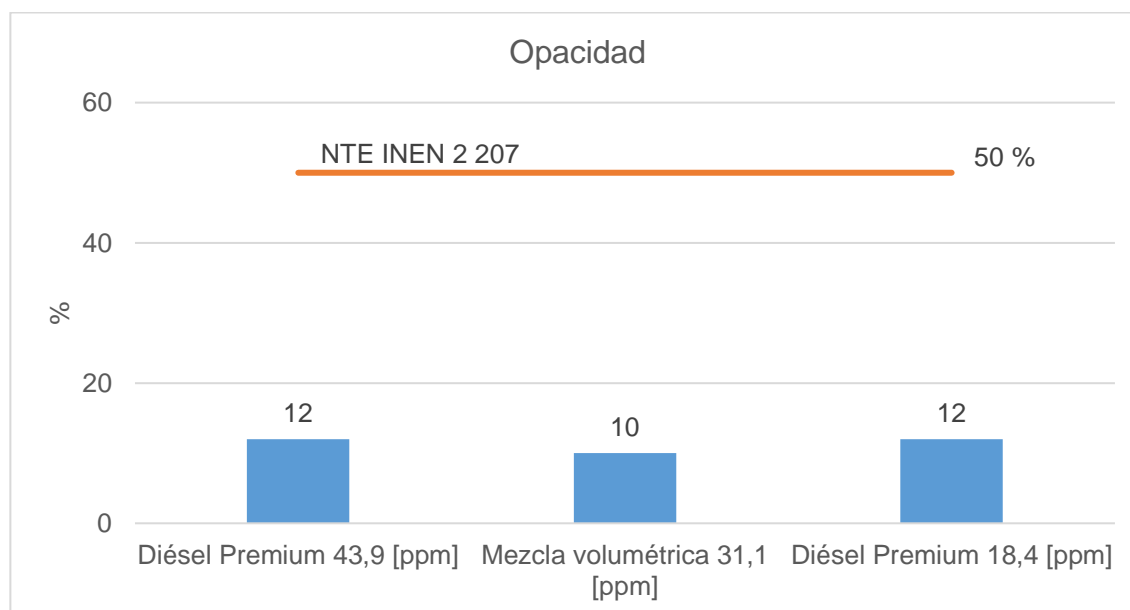


Figura 3.15. Comportamiento de Opacidad.

(Fuente: Autores, 2022)

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El propósito planteado al inicio de nuestro proyecto se cumplió, ya que se logró establecer la incidencia del contenido de azufre en las emisiones contaminantes y material particulado, al obtener una mezcla volumétrica de 31.1 [ppm] de las dos muestras pertenecientes a la ciudad de Quito de 43.9 [ppm] y de la ciudad de Guayaquil de 18.4 [ppm].
- Se concluye que el ciclo IM-240 al ser correlativo con el ciclo FTP 75, los resultados muestran que las emisiones del vehículo de pruebas cumplen con la norma nacional NTE INEN 2 207 y la normativa internacional EURO V, debido a que los valores que se muestran en la tabla 4.1 están por debajo de los establecidos en la norma.

Tabla 4. 1. Resultados obtenidos de las emisiones dinámicas y valores límites permisibles de las normas NTE INEN 2 207 y EURO V.

	Diésel premium de 43.9 [ppm]	Mezcla volumétrica de 31.1 [ppm]	Diésel premium de 18.4 [ppm]	NTE INEN 2 207	EURO V
FCO [g/km]	0,048	0,004	0,003	2,10	0,5
FHC [g/km]	0,009	0,008	0,006	0,25	0,23
FNOX [g/km]	0,056	0,053	0,047	0,62	0,18

(fuente: Autores,2022)

- Los resultados obtenidos de opacidad de los tres tipos de combustible diésel, correspondientes a la ciudad de Quito 12%, la mezcla volumétrica 10% y la ciudad de Guayaquil 12% presentan valores de menor porcentaje al 50%, que son los establecidos en la norma NTE INEN 2 207.
- Se puede concluir mediante los resultados obtenidos que al utilizar diésel con menor contenido de azufre tiene un impacto directo y positivo en la disminución del material particulado, CO, HC Y NOx. Además, la mezcla volumétrica es fundamental para disminuir las emisiones de CO₂ y se obtiene un incremento de rendimiento del 9.89 % en función del combustible diésel de 18.4 en contenido de partes por millón de azufre.

4.2. Recomendaciones

- Desde el punto de vista ambiental, se recomienda en base a nuestros resultados utilizar la mezcla volumétrica de 31,1 o de menor cantidad en contenido de partes por millón de azufre, para que de esta manera se logre reducir emisiones contaminantes al medio ambiente y de la misma manera a la salud de las personas, en los vehículos que actualmente circulan en el país.
- Se recomienda comercializar en el país un diésel premium de bajo contenido de azufre, menor a 50 ppm, lo cual es factible para la implementación de nuevas tecnologías enfocadas en la reducción emisiones contaminantes y material particulado.
- Se recomienda utilizar equipos de medición calibrados para evitar una medición errónea en cada prueba realizada y procedimientos normalizados.
- Comparar los resultados con normativas vigentes e investigar sus actualizaciones para obtener una validación correcta y actual.
- Se recomienda realizar un estudio en un mayor número de vehículos con motores a diésel, con el fin de obtener un mayor universo de resultados que validen la confiabilidad de los ensayos propuestos en este proyecto de investigación.
- Seguir los protocolos de pruebas desarrollados en este proyecto para realizar correctamente cada uno de los ensayos con cada tipo de combustible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AEADE . (2021). *.facebook.com.* . Obtenido de You're Temporarily Blocked:
https://m.facebook.com/AEADE.EC/photos/a.1045374372168270/3673291632709851/?type=3&_se_imp=06raSTRgmVa8JsWH5
- Aeade. (2020). *El diésel en Ecuador contamina cinco veces más que el combustible de otros países.* Motor Terra.
- Arellano, C. (2013). *Determinación y análisis de las emisiones de contaminantes primarios y rendimiento vehicular mediante la variación del octanaje y contenido de azufre en la gasolina y diésel.*
- Bermúdez, N. (2012). *El medio ambiente de Quito.* Quito-Ecuador : Dirección General de Planificación .
- Blumberg, K., Walsh, C., & Pera, K. (2003). *Gasolina y diesel de bajo azufre: la clave para disminuir las emisiones vehiculares.*
- Cabeza, J. (2014). *Producción e impacto del Biodiesel .* INNOVA.
- Eadic. (2015). *Contaminación ambiental por NOx: Influencia de edad de los vehículos.*
- García , S. (2016). *Daños del azufre a los seres humanos.* Apache.
- Guitián. (2018). *Ciclo de cuatro tiempos .*
- Kates, E., & Luck, W. (2021). *Motores diesel y de gas de alta compresión.* Reverté.
- Lancheros . (2014). *Tiempos de un motor a combustion interna .* Obtenido de Es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/carloslancheros01/tempos-de-un-motor-a-combustion-interna>
- Lancheros , C. (2014). *Tiempos de un motor a combustion interna .* SlideShare.
- Lancheros Guerrero, C. (2014). *Tiempos de un motor a combustion interna.* SlideShare.
- Loachamín Guacollante, B. (2018). *Análisis de gases del motor de un vehículo a través de pruebas estáticas y dinámicas.* Ecuador : Bachelor's thesis.
- Machado , J. (2019). *El aire de Quito supera los límites permitidos de contaminación .* PRIMICIAS.
- Magnasco. (2000). *Ciclo Diesel Teórico - Motores y Sistemas de Alimentación.*
- Manias, C. (2005). *Kiln burning systems: An overview.* Cement Americas.
- Martínez , M., Páramo, V., Iniestra, R., Aguila, J., & Ramos, L. (2019). *Impacto ambiental del contenido de azufre en el diesel vehicular comercializado en México.* INECC.
- Mercano. (2013). *Mejorar el combustible, en cinco químicos.* Obtenido de LUBRIKA:
<https://lubrikado.wordpress.com/2014/02/18/mejorar-el-combustible-en-cinco-quimicos/>
- Nationwide. (2021). *Pruebas de emisiones- Autos.*

- Normalizacion, I. E. (2012). *Instituto Ecuatoriano de Normalizacion* .
- NORMALIZACION, I. E. (s.f.). 2013. Pag.2.
- OMS. (2016). *Contaminacion del Aire Ambiental* . Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15069/1/T-UCSG-PRE-FIL-CSS-268.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Contaminacion del aire ambiental* .
- Orozco, M. (2022). *¿Qué calidad tienen las gasolinas en Ecuador y cómo se mide?* Quito: Primicias.
- Páez Pérez, C. (2009). *Gestión de la contaminación atmosférica urbana: el caso de Quito*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador.
- Park, H.–S. (2016). *Desarrollo de pruebas dinamicas*.
- Pilamunga, D. (2021). *Normas Euro*. Primicias.
- Recalde Rojas, M., & Revelo Argoti, R. (2015). *Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240* .
- Rocha, J. (2018). *Congreso Internacional de Ingenieria*.
- Sagebiel, J. C. (1996). *PM-10 exhaust samples collected during IM-240 dynamometer tests of in-service vehicles in Nevada*. Obtenido de Environmental science: [file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-AnalisisDeGasesDelMotorDeUnVehiculoATravesDePrueba-6895263%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-AnalisisDeGasesDelMotorDeUnVehiculoATravesDePrueba-6895263%20(1).pdf)
- Tipanluisa. (2019). *Evaluacion de emisiones de un motor diesel con mezclas diesel queroseno en un ciclo IM-240*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/333175660>
- Trujillo Males, E. (2019). *Evaluación de las emisiones de gases de escape de un motor de encendido por compresión utilizando mezclas de diésel, biodiésel supercrítico y óxido de cerio*. Quito : Bachelor's thesis.
- Vega, D., Ocaña, L., & Parra, R. (2015). *Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular y gasolineras del Distrito Metropolitano de Quito año base 2012*. ACI Avances en Ciencias e Ingenierias 7(2).

ANEXOS

ANEXO I. CARACTERIZACION DE LOS COMBUSTIBLES

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  LACBAL <small>LABORATORIO DE COMBUSTIBLES, HICCOMBUSTIBLES Y ACEITES LUBRICANTES</small>	Edición:	03
		Fecha de edición:	2021-03-04
		Página	1 de 1
INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS		FRP7.801	


09-I-LACBAL-2022-01							
1. INFORMACIÓN LACBAL:				2. INFORMACIÓN CLIENTE:			
DIRECCIÓN	Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito.			NOMBRE/EMPRESA	Irvin Daniel Mejía Almeida		
TELÉFONOS	022976-300 Ext. 4329/4328/4317			DIRECCIÓN	San Juan de Calderón		
E-MAIL	lacbal@epn.edu.ec			NÚMERO DE MUESTRAS	3		
3. INFORMACIÓN GENERAL				4. FECHAS			
RESPONSABLE DEL INFORME	Quim. Alisson Hernández	N° PROFORMA	NA	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LACBAL	2022-01-18	INICIO DE ENSAYO	2022-01-19
TIPO CLIENTE	INTERNO	N° FACTURA	NA	TRANSPORTE	NA	ENTREGA DE INFORME	2022-01-19
5. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:							
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD		
-	QUITO	'01-01	Diesel premium	Vidrio	100	mL	
-	GUAYAQUIL	'01-02	Diesel premium	Vidrio	100	mL	
-	MEZCLA	'01-03	Diesel premium	Vidrio	50	mL	
6. CONDICIONES AMBIENTALES:							
TEMPERATURA [°C]	20,2	HUMEDAD RELATIVA [%]	45,3	PRESIÓN [kPa]	72,6		
7. RESULTADOS OBTENIDOS:							
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO			
'01-01	*Contenido de azufre	ASTM-D4294-16e1	mg/Kg	43,9			
'01-02	*Contenido de azufre	ASTM-D4294-16e1	mg/Kg	18,4			
'01-03	*Contenido de azufre	ASTM-D4294-16e1	mg/Kg	31,1			



NOTAS ACLARATORIAS
<ol style="list-style-type: none"> Todos los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no todos están acreditados. Los métodos que constan de un *, son aquellos métodos acreditados. <u>Acreditación N° SAE LEN 21-002</u> Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems ensayados. Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio LACBAL. Quando aplique, se realizan los ensayos aun sin cumplir con los criterios de aceptación y rechazo de las muestras de objeto de ensayo previa aceptación del cliente, la comparación respectiva con la normativa vigente NTE INEN. El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra, los resultados son únicamente de la muestra entregada por el cliente. El laboratorio no cuenta con otras instalaciones, por lo que todas las actividades son realizadas en las instalaciones de LACBAL. En caso de que el laboratorio sea el responsable del transporte de la muestra (convenio suscrito) LACBAL lo realizará de acuerdo a los protocolos establecidos para transporte en la norma ASTM D4057-19.

ANEXO II. ENSAYOS REALIZADOS

ANEXO 2.1 FACTORES EMISION QUITO

		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares																																																														
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION																																																																
CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2022-EFE - 010 - P1																																																													
	Página 1 / 2	FECHA:	18 de febrero de 2022																																																													
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza																																																														
OBJETIVO DE LA EVALUACION		TIPO DE EVALUACION																																																														
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>																																																														
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>																																																														
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>																																																															
<small>*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV</small>																																																																
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO																																																																
Marca	GREAT WALL	VIN Chasis / Placa:	8L4DBE176LC000051 / TBI3231																																																													
Modelo:	WINGLE 7 AC 2.0 CD 4X4 TM DIESEL	Versión	N/D																																																													
Fabricante	N/D	Kilometraje:	110112																																																													
MOTOR (Datos del fabricante)**																																																																
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D																																																													
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	GW4D20D190614472																																																													
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000																																																													
Maxima Potencia (kw/rpm)	105,44 KW @ 4000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	315 Nm @ 1400 - 2800 RPM																																																													
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO																																																													
Combustible / Fuente de energía	COMBUSTIBLE DIESEL - QUITO	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA																																																													
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2020																																																													
Tonelaje (t)	2,855	País de origen	ECUADOR																																																													
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES																																																																
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 + 1 REVERSA																																																													
Relación marcha directa	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/70 R16																																																													
<small>**Opcional en RTV</small>																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td> Hora de inicio </td> <td> 12 h 00 </td> <td> Hora final </td> <td> 12 h 40 min </td> </tr> <tr> <td> Temperatura ambiente °C </td> <td> 21,5 </td> <td> Humedad Relativa (%) </td> <td> 48,6 </td> </tr> <tr> <td> Presión Atmosférica (hPa) </td> <td colspan="3" style="text-align: center;"> 732 </td> </tr> <tr> <td> Prueba en ruta o laboratorio </td> <td colspan="3" style="text-align: center;"> PRUEBAS EN LABORATORIO </td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES</td> </tr> <tr> <td rowspan="2"> Parámetros </td> <td colspan="5" style="text-align: center;">PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD</td> </tr> <tr> <td> Medición 1 </td> <td> Medición 2 </td> <td> Medición 3 </td> <td> Medición 4 </td> <td> Medición 5 </td> </tr> <tr> <td> CO [%v] </td> <td> 0,048 </td> <td> 0,001 </td> <td> 0 </td> <td> - </td> <td> - </td> </tr> <tr> <td> CO2 [%v] </td> <td> 47,66 </td> <td> 47,61 </td> <td> 47,33 </td> <td> - </td> <td> - </td> </tr> <tr> <td> HC [ppm] </td> <td> 35 </td> <td> 12 </td> <td> 16 </td> <td> - </td> <td> - </td> </tr> <tr> <td> O2 [%v] </td> <td> 14,16 </td> <td> 14,24 </td> <td> 14,24 </td> <td> - </td> <td> - </td> </tr> <tr> <td> NOx [ppm] </td> <td> 216 </td> <td> 172 </td> <td> 182 </td> <td> - </td> <td> - </td> </tr> </table>				Hora de inicio	12 h 00	Hora final	12 h 40 min	Temperatura ambiente °C	21,5	Humedad Relativa (%)	48,6	Presión Atmosférica (hPa)	732			Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBAS EN LABORATORIO			RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES				Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD					Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	CO [%v]	0,048	0,001	0	-	-	CO2 [%v]	47,66	47,61	47,33	-	-	HC [ppm]	35	12	16	-	-	O2 [%v]	14,16	14,24	14,24	-	-	NOx [ppm]	216	172	182	-	-
Hora de inicio	12 h 00	Hora final	12 h 40 min																																																													
Temperatura ambiente °C	21,5	Humedad Relativa (%)	48,6																																																													
Presión Atmosférica (hPa)	732																																																															
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBAS EN LABORATORIO																																																															
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES																																																																
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD																																																															
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5																																																											
CO [%v]	0,048	0,001	0	-	-																																																											
CO2 [%v]	47,66	47,61	47,33	-	-																																																											
HC [ppm]	35	12	16	-	-																																																											
O2 [%v]	14,16	14,24	14,24	-	-																																																											
NOx [ppm]	216	172	182	-	-																																																											
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante																																																																
Los datos de emisiones contaminantes primarios fueron recopilados y entregados por el estudiante																																																																
Técnico No 1		Técnico No 2																																																														
Firma Responsables: _____		Firma Responsable de Unidad: _____																																																														
Nombres: Fabián Iza		Nombre: Ing. Diego Lincango																																																														
<small>Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado</small>																																																																

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2022-EFE - 010 - P1
	Página 2 / 2	FECHA:	18 de febrero de 2022

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO IM240		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			3,2		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			3200		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,27	0,23	0,25	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	11,852	13,913	12,800	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	44,800	52,591	48,384	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,048	0,001	0,000	-	-
CO2 [%v]	47,660	47,610	47,330	-	-
HC [%v]	0,004	0,001	0,002	-	-
O2 [%v]	14,160	14,240	14,240	-	-
NOx [%v]	0,022	0,017	0,018	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO ₂					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,001	0,000	0,000	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			845	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,142	0,003	0,000	-	-
FHC (g/Km)	0,016	0,005	0,007	-	-
FNOX (g/Km)	0,068	0,046	0,054	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	0,048
FHC (g/Km)	0,009
FNOX (g/Km)	0,056

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los datos de emisiones contaminantes primarios fueron recopilados y entregados por el estudiante

Técnico No 1

Técnico No 2


Firma

Firma Responsable de

Nombres: Fabián Iza

Nombre: Ing. Diego Lincango

ANEXOO 2.2 FACTORES EMISION GUAYAQUIL

		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares																																																														
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION																																																																
CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2022-EFE - 010 - P2																																																													
	Página 1 / 2	FECHA:	18 de febrero de 2022																																																													
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza																																																														
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN																																																														
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>																																																														
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>																																																														
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>																																																															
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV																																																																
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO																																																																
Marca	GREAT WALL	VIN Chasis / Placa:	8L4DBE176LC000051 / TBI3231																																																													
Modelo:	WINGLE 7 AC 2.0 CD 4X4 TM DIESEL	Versión	N/D																																																													
Fabricante	N/D	Kilometraje:	110130																																																													
MOTOR (Datos del fabricante)**																																																																
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D																																																													
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	GW4D20D190614472																																																													
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000																																																													
Máxima Potencia (kw/rpm)	105,44 KW @ 4000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	315 Nm @ 1400 - 2800 RPM																																																													
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO																																																													
Combustible / Fuente de energía	COMBUSTIBLE DIESEL - GUAYAQUIL	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA																																																													
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2020																																																													
Tonelaje (t)	2,855	País de origen	ECUADOR																																																													
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES																																																																
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 + 1 REVERSA																																																													
Relación marcha directa	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/70 R16																																																													
**Opcional en RTV																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Hora de inicio</td> <td>13 h 20 min</td> <td>Hora final</td> <td>14 h 00</td> </tr> <tr> <td>Temperatura ambiente °C</td> <td>22,6</td> <td>Humedad Relativa (%)</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Presión Atmosférica (hPa)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">732</td> </tr> <tr> <td>Prueba en ruta o laboratorio</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">PRUEBAS EN LABORATORIO</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Parámetros</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD</td> </tr> <tr> <td>Medición 1</td> <td>Medición 2</td> <td>Medición 3</td> <td>Medición 4</td> <td>Medición 5</td> </tr> <tr> <td>CO [%v]</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>CO2 [%v]</td> <td>45,72</td> <td>45,03</td> <td>43,67</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>HC [ppm]</td> <td>13</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>O2 [%v]</td> <td>14,13</td> <td>14,24</td> <td>14,26</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>NOx [ppm]</td> <td>160</td> <td>151</td> <td>157</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>				Hora de inicio	13 h 20 min	Hora final	14 h 00	Temperatura ambiente °C	22,6	Humedad Relativa (%)	50	Presión Atmosférica (hPa)	732			Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBAS EN LABORATORIO			RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES				Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD					Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	CO [%v]	0,001	0,001	0,001	-	-	CO2 [%v]	45,72	45,03	43,67	-	-	HC [ppm]	13	13	14	-	-	O2 [%v]	14,13	14,24	14,26	-	-	NOx [ppm]	160	151	157	-	-
Hora de inicio	13 h 20 min	Hora final	14 h 00																																																													
Temperatura ambiente °C	22,6	Humedad Relativa (%)	50																																																													
Presión Atmosférica (hPa)	732																																																															
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBAS EN LABORATORIO																																																															
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES																																																																
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD																																																															
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5																																																											
CO [%v]	0,001	0,001	0,001	-	-																																																											
CO2 [%v]	45,72	45,03	43,67	-	-																																																											
HC [ppm]	13	13	14	-	-																																																											
O2 [%v]	14,13	14,24	14,26	-	-																																																											
NOx [ppm]	160	151	157	-	-																																																											
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante Los datos de emisiones contaminantes primarios fueron recopilados y entregados por el estudiante																																																																
Técnico No 1		Técnico No 2																																																														
Firma Responsables: _____		Firma Responsable de Unidad: _____																																																														
Nombres: Fabián Iza		Nombre : Ing. Diego Lincango																																																														

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2022-EFE - 010	- P2
	Página 2 / 2	FECHA:	18 de febrero de 2022	

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO IM240		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			3,2		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			3200		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,25	0,23	0,25	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	12,800	13,913	12,800	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	48,384	52,591	48,384	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,001	0,001	0,001	-	-
CO2 [%v]	45,720	45,030	43,670	-	-
HC [%v]	0,001	0,001	0,001	-	-
O2 [%v]	14,130	14,240	14,260	-	-
NOx [%v]	0,016	0,015	0,016	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO ₂					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,000	0,000	0,000	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			845	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,003	0,003	0,003	-	-
FHC (g/Km)	0,006	0,005	0,006	-	-
FNOX (g/Km)	0,049	0,043	0,050	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	0,003
FHC (g/Km)	0,006
FNOX (g/Km)	0,047

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante
Los datos de emisiones contaminantes primarios fueron recopilados y entregados por el estudiante

Técnico No 1

Técnico No 2


Firma _____

Firma Responsable de _____

Nombres: Fabián Iza

Nombre : Ing. Diego Lincango

ANEXOO 2.3 FACTORES EMISION QUITO-GUAYAQUIL

		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares																																																														
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION																																																																
CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2022-EFE - 010 - P3																																																													
	Página 1 / 2	FECHA:	14 de marzo de 2022																																																													
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza																																																														
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN																																																														
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>																																																														
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>																																																														
No. Visita <input type="text" value="3"/>	Otros <input type="checkbox"/>																																																															
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV																																																																
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO																																																																
Marca	GREAT WALL	VIN Chasis / Placa:	8L4DBE176LC000051 / TBI3231																																																													
Modelo:	WINGLE 7 AC 2.0 CD 4X4 TM DIESEL	Versión	N/D																																																													
Fabricante	N/D	Kilometraje:	114410																																																													
MOTOR (Datos del fabricante)**																																																																
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D																																																													
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	GW4D20D190614472																																																													
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000																																																													
Máxima Potencia (kw/rpm)	105,44 KW @ 4000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	315 Nm @ 1400 - 2800 RPM																																																													
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO																																																													
Combustible / Fuente de energía	COMBUSTIBLE DIESEL - MEZCLA VOLUMETRICA GUAYAQUIL-QUITO	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA																																																													
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2020																																																													
Tonelaje (t)	2,855	País de origen	ECUADOR																																																													
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES																																																																
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 + 1 REVERSA																																																													
Relación marcha directa	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/70 R16																																																													
**Opcional en RTV																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Hora de inicio</td> <td style="width: 25%;">10 h 30 min</td> <td style="width: 25%;">Hora final</td> <td style="width: 25%;">11 h 10 min</td> </tr> <tr> <td>Temperatura ambiente °C</td> <td>20,8</td> <td>Humedad Relativa (%)</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>Presión Atmosférica (hPa)</td> <td colspan="3">732</td> </tr> <tr> <td>Prueba en ruta o laboratorio</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">PRUEBAS EN LABORATORIO</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Parámetros</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD</td> </tr> <tr> <td>Medición 1</td> <td>Medición 2</td> <td>Medición 3</td> <td>Medición 4</td> <td>Medición 5</td> </tr> <tr> <td>CO [%v]</td> <td>0,001</td> <td>0,002</td> <td>0,002</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>CO2 [%v]</td> <td>44,06</td> <td>42,87</td> <td>43,1</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>HC [ppm]</td> <td>23</td> <td>19</td> <td>17</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>O2 [%v]</td> <td>14,48</td> <td>14,74</td> <td>14,77</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>NOx [ppm]</td> <td>198</td> <td>182</td> <td>175</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>				Hora de inicio	10 h 30 min	Hora final	11 h 10 min	Temperatura ambiente °C	20,8	Humedad Relativa (%)	47	Presión Atmosférica (hPa)	732			Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBAS EN LABORATORIO			RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES				Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD					Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	CO [%v]	0,001	0,002	0,002	-	-	CO2 [%v]	44,06	42,87	43,1	-	-	HC [ppm]	23	19	17	-	-	O2 [%v]	14,48	14,74	14,77	-	-	NOx [ppm]	198	182	175	-	-
Hora de inicio	10 h 30 min	Hora final	11 h 10 min																																																													
Temperatura ambiente °C	20,8	Humedad Relativa (%)	47																																																													
Presión Atmosférica (hPa)	732																																																															
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBAS EN LABORATORIO																																																															
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES																																																																
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD																																																															
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5																																																											
CO [%v]	0,001	0,002	0,002	-	-																																																											
CO2 [%v]	44,06	42,87	43,1	-	-																																																											
HC [ppm]	23	19	17	-	-																																																											
O2 [%v]	14,48	14,74	14,77	-	-																																																											
NOx [ppm]	198	182	175	-	-																																																											
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante Los datos de emisiones contaminantes primarios fueron recopilados y entregados por el estudiante _____ _____																																																																
Técnico No 1		Técnico No 2																																																														
Firma Responsables: _____		Firma Responsable de Unidad: _____																																																														
Nombres: Fabián Iza		Nombre: Ing. Diego Lincango																																																														
Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado																																																																

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2022-EFE - 010	- P3
	Página 2 / 2	FECHA:	14 de marzo de 2022	

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO IM240		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			3,2		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			3200		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,24	0,22	0,2	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	13,333	14,545	16,000	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	50,400	54,982	60,480	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,001	0,002	0,002	-	-
CO2 [%v]	44,060	42,870	43,100	-	-
HC [%v]	0,002	0,002	0,002	-	-
O2 [%v]	14,480	14,740	14,770	-	-
NOx [%v]	0,020	0,018	0,018	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO ₂					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,000	0,000	0,000	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			845	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,003	0,005	0,005	-	-
FHC (g/Km)	0,010	0,008	0,006	-	-
FNOX (g/Km)	0,060	0,052	0,045	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	0,004
FHC (g/Km)	0,008
FNOX (g/Km)	0,053

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante
Los datos de emisiones contaminantes primarios fueron recopilados y entregados por el estudiante

Técnico No 1

Técnico No 2



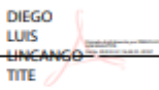
Firma _____

Firma Responsable de _____

Nombres: Fabián Iza


Nombre: Ing. Diego Lincango

ANEXO 2.4 OPACIDAD ESTATICA QUITO



		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares				
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTATICOS DIESEL						
CODIGO: CCICEV-04-00-03-OED	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2022-OED - 010 - P1			
	Página 1 / 1	FECHA:	18 de febrero de 2022			
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza					
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN					
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>				
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4., rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>				
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>					
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV						
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO						
Marca	GREAT WALL	VIN Chasis / Placa:	8L4DBE176LC000051 / TBI3231			
Modelo:	WINGLE 7 AC 2.0 CD 4X4 TM DIESEL	Versión	N/D			
Fabricante	N/D	Kilometraje:	110122			
MOTOR (Datos del fabricante)**						
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D			
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	GW4D20D190614472			
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000			
Máxima Potencia (kw/rpm)	105,44 KW @ 4000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	315 Nm @ 1400 - 2800 RPM			
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO			
Combustible / Fuente de energía	COMBUSTIBLE DIESEL - QUITO	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA			
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2020			
Tonelaje (t)	2,855	País de origen	ECUADOR			
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES						
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 + 1 REVERSA			
Relación marcha directa	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/70 R16			
**Opcional en RTV						
Hora de inicio	12 h 50 min	Hora final	13 h 15 min	Serie equipo	8690/534093	
Temperatura ambiente °C	22	Humedad Relativa (%)	49	Presión Atmosférica (hPa)	732	
RESULTADOS DEL OPACÍMETRO						
Parámetros	PRUEBAS DE OPACIDAD ESTÁTICA NTE INEN 2207					
	RPM	Opacidad 1 [%]	Opacidad 2 [%]	Opacidad 3 [%]	Promedio Parcial [%]	Desviación máxima [%]
PRUEBA 1	ACELERACIÓN LIBRE	11	10	10	10,33	1
PRUEBA 2	ACELERACIÓN LIBRE	12	12	12	12,00	0
PRUEBA 3	ACELERACIÓN LIBRE	11	14	12	12,33	3
VALOR PROMEDIO					12	
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante						
Firma Responsables:	 Técnico No 1 Firmado electrónicamente por: FABIAN ANDRES IZA COLLAGURZO	Técnico No 2	Firma Responsable de Unidad:	DIEGO LUIS LINCANGO TITE		
Nombres:	Fabián Iza		Nombre :	Ing. Diego Lincango		

Formato de registro primario para prueba de emisiones de gases estáticas en fuentes móviles ciclo Diesel / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

ANEXO 2.5 OPACIDAD ESTÁTICA GUAYAQUIL


		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares															
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTATICOS DIESEL																	
CODIGO: CCICEV-04-00-03-OED	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2022-OED - 010 - P2														
	Página 1 / 1	FECHA:	18 de febrero de 2022														
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza																
OBJETIVO DE LA EVALUACION	TIPO DE EVALUACION																
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>															
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 _u rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>															
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>																
<small>*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV</small>																	
DATOS GENERALES DEL VEHICULO																	
Marca	GREAT WALL	VIN Chasis / Placa:	8L4DBE176LC000051 / TBI3231														
Modelo:	WINGLE 7 AC 2.0 CD 4X4 TM DIESEL	Versión	N/D														
Fabricante	N/D	Kilometraje:	110139														
MOTOR (Datos del fabricante)**																	
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D														
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	GW4D20D190614472														
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000														
Maxima Potencia (kw/rpm)	105,44 KW @ 4000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	315 Nm @ 1400 - 2800 RPM														
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO														
Combustible / Fuente de energía	COMBUSTIBLE DIESEL - GUAYAQUIL	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA														
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2020														
Tonelaje (t)	2,855	País de origen	ECUADOR														
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES																	
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 + 1 REVERSA														
Relación marcha directa	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/70 R16														
<small>**Opcional en RTV</small>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Hora de inicio</td> <td>14 h 10 min</td> <td>Hora final</td> <td>14 h 30 min</td> <td>Serie equipo</td> <td>8690/534093</td> </tr> <tr> <td>Temperatura ambiente °C</td> <td>22,8</td> <td>Humedad Relativa (%)</td> <td>53,1</td> <td>Presión Atmosférica (hPa)</td> <td>732</td> </tr> </table>						Hora de inicio	14 h 10 min	Hora final	14 h 30 min	Serie equipo	8690/534093	Temperatura ambiente °C	22,8	Humedad Relativa (%)	53,1	Presión Atmosférica (hPa)	732
Hora de inicio	14 h 10 min	Hora final	14 h 30 min	Serie equipo	8690/534093												
Temperatura ambiente °C	22,8	Humedad Relativa (%)	53,1	Presión Atmosférica (hPa)	732												
RESULTADOS DEL OPACÍMETRO																	
Parámetros	PRUEBAS DE OPACIDAD ESTÁTICA NTE INEN 2207																
	RPM	Opacidad 1 [%]	Opacidad 2 [%]	Opacidad 3 [%]	Promedio Parcial [%]	Desviación máxima [%]											
PRUEBA 1	ACELERACIÓN LIBRE	10	12	12	11,33	2											
PRUEBA 2	ACELERACIÓN LIBRE	11	14	12	12,33	3											
PRUEBA 3	ACELERACIÓN LIBRE	11	12	12	11,67	1											
VALOR PROMEDIO					12												

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1 Firma Responsables:  FABIAN ANDRES IZA COLLAGUZO Nombres: Fabián Iza	Técnico No 2 Firma Responsable de Unidad:  DIEGO LUIS LINCANGO TITE Nombre: Ing. Diego Lincango
---	---

Formato de registro primario para prueba de emisiones de gases estáticas en fuentes móviles ciclo Diesel / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

ANEXO 2.6 OPACIDAD ESTÁTICA QUITO-GUAYAQUIL

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares				
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTATICOS DIESEL						
CODIGO: CCICEV-04-00-03-OED	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2022-OED - 010 - P3			
	Página 1 / 1	FECHA:	14 de marzo de 2022			
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza					
OBJETIVO DE LA EVALUACION	TIPO DE EVALUACION					
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>				
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 _{rev} <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>				
No. Visita <input type="text" value="3"/>	Otros <input type="checkbox"/>					
<small>*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV</small>						
DATOS GENERALES DEL VEHICULO						
Marca	GREAT WALL	VIN Chasis / Placa:	8L4DBE176LC000051 / TBI3231			
Modelo:	WINGLE 7 AC 2.0 CD 4X4 TM DIESEL	Versión	N/D			
Fabricante	N/D	Kilometraje:	114420			
MOTOR (Datos del fabricante)**						
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D			
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	GW4D20D190614472			
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000			
Máxima Potencia (kw/rpm)	105,44 KW @ 4000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	315 Nm @ 1400 - 2800 RPM			
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO			
Combustible / Fuente de energía	COMBUSTIBLE DIESEL - MEZCLA VOLUMETRICA GUAYAQUIL-QUITO	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA			
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2020			
Tonelaje (t)	2,855	País de origen	ECUADOR			
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES						
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 + 1 REVERSA			
Relación marcha directa	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/70 R16			
<small>**Opcional en RTV</small>						
Hora de inicio	11 h 20 min	Hora final	11 h 40 min	Serie equipo	8690/534093	
Temperatura ambiente °C	20,8	Humedad Relativa (%)	52	Presión Atmosférica (hPa)	732	
RESULTADOS DEL OPACÍMETRO						
Parámetros	PRUEBAS DE OPACIDAD ESTÁTICA NTE INEN 2207					
	RPM	Opacidad 1 [%]	Opacidad 2 [%]	Opacidad 3 [%]	Promedio Parcial [%]	Desviación máxima [%]
PRUEBA 1	ACELERACIÓN LIBRE	10	9	9	9,33	1
PRUEBA 2	ACELERACIÓN LIBRE	9	10	10	9,67	1
PRUEBA 3	ACELERACIÓN LIBRE	10	10	11	10,33	1
VALOR PROMEDIO					10	
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante						
Firma Responsables:	Técnico No 1  Firmado digitalmente por: FABIAN ANDRES IZA COLLAGUANZO		Técnico No 2 _____		Firma Responsable de Unidad: _____	Firmado digitalmente por: DIEGO LUIS LINCANGO TITE 14/03/2022 09:50
Nombres:	Fabián Iza		Nombre :		Ing. Diego Lincango	
<small>Formulario de registro primario para prueba de emisiones de gases estáticos en fuentes móviles ciclo Diesel / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado</small>						