

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Mecánica Automotriz

Caracterización de las emisiones en ruta derivados de combustible alternativo a base de aceite quemado en la ciudad de Quito

Nota del Autor

Milton Ushiña, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Director: Ing. Juan Carlos Rocha, M.Sc,

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

mushina.mec@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Milton Ushiña, con cédula de identidad 1717826018, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Milton Ushiña

CI: 1717826018

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	2
Abstract	10
Introducción	11
Antecedentes	11
Justificación	12
Combustibles	14
Emisiones	23
Método	27
Factores de emisión	42
Protocolo de pruebas de potencia y par motor	46
Resultados	49
Emisiones contaminantes en descenso diésel ruta de carretera	52
Emisiones contaminantes en urbano diésel	56
Emisiones contaminantes para diésel y biodiésel en sus porcentajes	59
Emisiones contaminantes descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes	61
Emisiones contaminantes en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes	65
Resultados de eficiencia del motor	68
Resultados de par motor	71
Índice de consumo de combustible	74
Discusión de Resultados	75
Factores de contaminación en vehículo	75

Discusión del consumo de combustible	80
Conclusiones	82
Recomendaciones	83

Índice de Tablas

Tabla 1 Densidad en las normas de combustible diésel.....	16
Tabla 2 Módulo de elasticidad y velocidad del sonido de varios combustibles, a presión atmosférica y temperatura de 40°C.....	17
Tabla 3 Viscosidad cinemática (a 40°C) en las normas de combustibles diésel	19
Tabla 4 Diámetro de huella en el ensayo HFRR, a 60°C.....	19
Tabla 5 Límites de la curva de deslizamiento de diésel y biodiésel en las normativas.	20
Tabla 6 Límites del número de cetano en las normas de calidad diésel y biodiésel.	22
Tabla 7 Normas Europeas en relación a emisiones Subcategorías COPERT	23
Tabla 8 Contaminantes considerados en COPERT	24
Tabla 9 Características de los vehículos a utilizar para el estudio	29
Tabla 10 Tipos de combustibles a utilizar	29
Tabla 11 Componentes del sistema ON BOARD	31
Tabla 12 Rangos de medición equipo AXION GO	32
Tabla 13 Protocolo de pruebas On Board y propuestas de combustibles	40
Tabla 14 Formula molecular equivalente CH ₃	42
Tabla 15 Resultados de las pruebas de potencia en vehículo Mazda, con combustible diésel 100%	69
Tabla 16 Resultados de las pruebas de potencia con combustible B10.	69
Tabla 17 Resultados de las pruebas de potencia en furgoneta con combustible B20.	71
Tabla 18 Resultados de las pruebas de torque en vehículo con combustible diésel 100%	72
Tabla 19 Resultados de las pruebas de torque en vehículo con combustible B10.....	72
Tabla 20 Resultados de las pruebas de torque en furgoneta, con combustible B20.	73
Tabla 21 Resultados de las pruebas de torque en vehículo Great Wall, con combustible B20.	74

Índice de Figuras

Figura 1. Consumo de gasolina por sectores.....	13
Figura 2. Participación porcentual por tipo de combustible.....	13
Figura 3. Ruta para pruebas On Board Seúl Corea (Kwon, y otros, 2017).....	26
Figura 4. Flujograma caracterización del sistema de emisiones en ruta	28
Figura 5. Análisis de datos sistema en ruta	33
Figura 6. Inspección visual del sistema de escape.....	34
Figura 7. Instalación del equipo ON BOARD en el habitáculo.	34
Figura 8. Instalación del sistema eléctrico.	35
Figura 9. Conexión del canister al riel de inyectores.....	35
Figura 10. Tanque externo, conexiones y probeta normalizada para mediciones.	36
Figura 11. Colocación de la sonda de gases en el sistema de escape del vehículo.....	36
Figura 12. Tanques de calibración.....	37
Figura 13. Equipo ON BOARD.	37
Figura 14. Inicio de ruta de prueba.....	38
Figura 15. Probetas normalizadas para medir consumo de combustible.	39
Figura 16. Ruta de prueba (Quinchimbla & Solis Santamaría, 2017)	41
Figura 17. Ubicación del vehículo en el dinamómetro	47
Figura 18. Datos de configuración en el software	47
Figura 19. Evolución de la prueba.....	48
<i>Figura 20. CO en ascenso diésel.</i>	<i>50</i>
Figura 21. Hidrocarburos en ascenso con diésel.	50
Figura 22. Emisiones NOx combustible diésel	51
Figura 23. CO2 en Ascenso combustible diésel.....	51
Figura 24. Emisión de oxígeno en ascenso diésel.	52
Figura 25. Emisión CO en descenso de carretera combustible diésel.	53

Figura 26. HC en descenso de carretera diésel.....	53
Figura 27. Emisiones de NOx en descenso de carretera diésel.	54
Figura 28. CO ₂ en descenso de carretera diésel.	55
Figura 29. oxígeno en descenso de carretera diésel.....	55
Figura 30. CO en tramo urbano diésel.....	56
Figura 31. HC en tramo urbano diésel.....	57
Figura 32. NOx en tramo urbano diésel.....	57
Figura 33. CO ₂ en tramo urbano diésel.....	58
Figura 34. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.	58
Figura 35. CO en ascenso al diésel y biodiésel en sus porcentajes.	59
Figura 36. HC en ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.....	59
Figura 37. NOx ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.	60
Figura 38. CO ₂ ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.	60
Figura 39. Emisión de O ₂ ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.	61
Figura 40. CO descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes	62
Figura 41. HC descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes	62
Figura 42.NOx descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes	63
Figura 43. CO ₂ descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes	64
Figura 44. Emisiones de O ₂ en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.....	64
Figura 45. Emisiones de CO en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes	65
Figura 46. HC en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes	66
Figura 47. NOx en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes	66
Figura 48. Emisiones de CO ₂ en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes	67
Figura 49. Emisiones de O ₂ en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.	68
Figura 50. Gráfica de potencia de 3 pruebas realizadas con diésel 100% en el vehículo	69
Figura 51. La curva de potencia de 3 pruebas realizadas con B10 en el vehículo	70

Figura 52. Las curvas de potencia de 3 pruebas realizadas con B20 en el vehículo	70
Figura 53. Las curvas de torque de 3 pruebas realizadas con diésel 100% en el vehículo	71
Figura 54. El torque de 3 pruebas realizadas con B10 en el vehículo.	72
Figura 55. El torque de 3 pruebas realizadas con B20 en el vehículo	73
<i>Figura 56.</i> Factores de emisión monóxido de carbono generales.	75
Figura 57. Factores de emisión hidrocarburos generales.	77
Figura 58. Factores de emisión monóxido de carbono generales.	78
Figura 59. Potencia comparada del vehículo con los tres combustibles.	79
Figura 60. Torque comparado del vehículo con los tres combustibles.	80
Figura 61. Consumo de combustible del vehículo con los tres combustibles.	81

Resumen

El propósito de esta investigación propone el estudio de las emisiones en ruta derivados de combustible alternativo a base de aceite quemado. Mediante un análisis en ruta tomado por un equipo PEMS de las concentraciones de NO_x, CO, CO₂, O₂ para su análisis con los tres combustibles propuestos diésel comercial como línea base, B10 y B20 derivados de éster de aceite quemado de frituras, además se midieron par motor y potencia, y consumo de combustible en una ruta específica. La ruta propuesta se realizó en un ciclo combinado ciudad periferia de la Quito, mostrando las características del entorno local en caso cotidiano. El Biodiésel B10 sería la alternativa para bajar las emisiones contaminantes dentro de la ciudad de Quito y la alternativa de mezcla para el diésel comercial utilizado en los vehículos diésel en relación a lo obtenido en el presente trabajo. Además, las pruebas de potencia mostró el biocombustible B10 tuvo mejor rendimiento que el diésel comercial.

Palabras claves: altura, consumo de combustible, emisiones contaminantes, en ruta, biodiesel.

Abstract

The purpose of this investigation proposes the study of en route emissions derived from alternative fuel based on burned oil. Through an analysis en route taken by a PEMS team of NO_x, CO, CO₂, O₂ concentrations for analysis with the three commercial diesel fuels proposed as baseline, B10 and B20 derived from the oil ester of burnt frying, they were also measured torque and power, and fuel consumption in a specific route. The proposed route was carried out in a combined city-periphery cycle of the Quito, showing the characteristics of the local environment in a daily case. The Biodiesel B10 will be the alternative to lower the polluting emissions within the city of Quito and the alternative of mixture for the commercial diesel used in the diesel vehicles in relation to the obtained in the present work. In addition, the power tests showed the B10 biofuel had better performance than commercial diesel.

Keywords: height, fuel consumption, polluting emissions; emission factor; on Route; on-board analysis; biodiesel

Introducción

Antecedentes

Las preocupaciones mundiales sobre el calentamiento global y el agotamiento de los combustibles fósiles han llevado a muchos países a tomar medidas más serias en el ahorro de energía y las iniciativas de reducción de emisiones de CO₂. El 12 de diciembre de 2015, las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) llegaron a un acuerdo histórico, el Acuerdo de París, para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible bajo en carbono. El objetivo central del Acuerdo de París es mantener los aumentos globales de la temperatura por debajo de los 2 ° C y los niveles más altos de la industria industrial y proseguir los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 ° C (Arantegui et al., 2018; Foley et al., 2017; United Nations, 2018). Los principales países representaron el 80% de las emisiones globales de CO₂ en 2015, la mayoría de los países planean reducir sus emisiones de CO₂ en un 33% en 2030 en comparación con los niveles de 2005. El sector del transporte consume aproximadamente el 20% de la energía global y es responsable de casi el 25% de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía global, el 75% de las cuales son emitidas por el transporte por carretera (Alshehry y Belloumi, 2017). Además, se estima que el consumo de energía y las emisiones de CO₂ del transporte mundial en 2030 aumentarán en más del 50% debido a la población y al crecimiento económico (Shahbaz et al., 2015). Para lograr este objetivo de reducción, el sector del transporte por carretera debe realizar una contribución significativa.

En el país, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) entre 2010 y 2015 se registró un aumento de vehículos motorizados del 57%, es decir 1 925 368. De los cuales

Pichincha presenta el mayor parque automotor del país con 492568 vehículos matriculados, seguido de Guayas y Manabí. En relación a las marcas, la chevrolet lidera el podio con 554.042 vehículos a nivel nacional (INEC, 2015). Según fuente de la Agencia Nacional de Tránsito, el 95.9% de vehículos matriculados de uso particular utilizan gasolina para su funcionamiento que equivale a 1'553231 hasta el 2014, y con el incremento del parque automotor esta cifra sigue en aumento, lo que conlleva al aumento de residuos de combustión emitidos al ambiente cada vez mayores y dañinos para la salud humana (ANT, 2016; INEC,2015).

Justificación

La demanda de energía en el país, va en aumento debido al transporte ya que es el sector que más consume energía con un 42% entre los cuales se incluye el consumo propio por tipo de fuentes de energía entre las cuales se concentra el diésel con un 31%, gasolina con un 28%, electricidad 14%, gas licuado de petróleo 8% y fuel oil 8%. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015). Según el Balance Energético Nacional 2015; El consumo nacional de gasolina es del 61% y en el caso de diésel con un 65% en su mayoría utilizada por el sector del transporte. En la figura 1, se aprecia el consumo de gasolina a nivel nacional en un margen de millones de galones (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

La CINAIE en su estudio indica, en el periodo 2017 se vendieron 105101 unidades de las cuales el 38.9% fueron vehículos ensamblados en el País, es decir 40843 unidades, lo que indica que la mayor parte de estos vehículos son automóviles (45732 unidades), seguidos de SUV (33532 unidades), camionetas (18050 unidades) y Vehículos pesados (7787 unidades), en la figura 2 se aprecia la participación porcentual por tipo de combustible (Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2017).

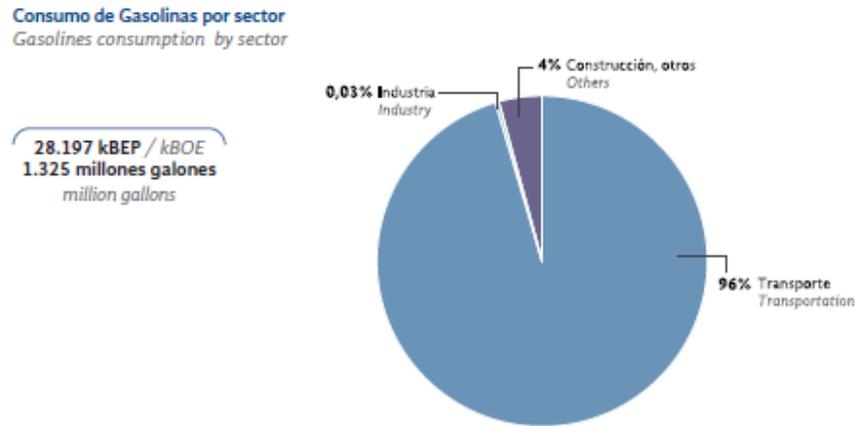


Figura 1. Consumo de gasolina por sectores (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015)

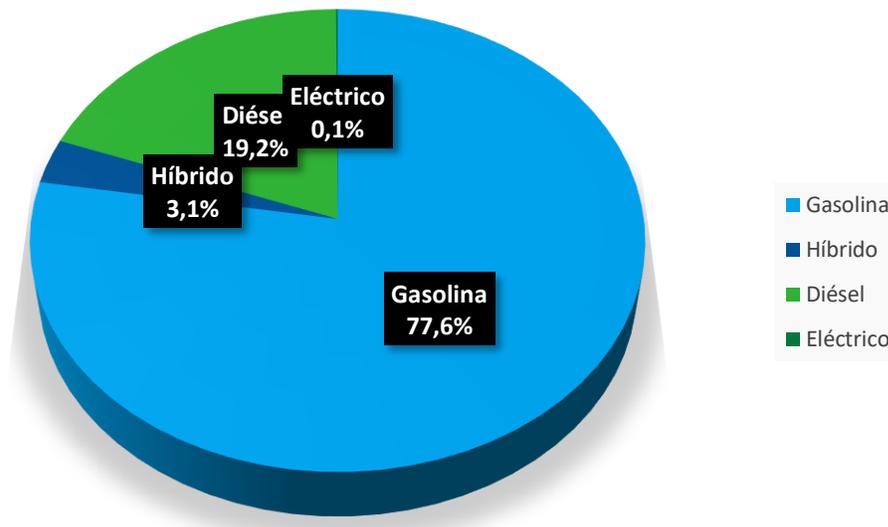


Figura 2. Participación porcentual por tipo de combustible (Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2017)

Según la organización mundial de la salud afirma, “cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo” (Organizacion Mundial de la Salud, 2015). Es por tal que el correcto análisis de esta proporción, una mejor idea del funcionamiento del motor, las emisiones contaminantes arrojadas al medio ambiente y principales efectos nocivos en la salud por

enfermedades respiratorias. El presente proyecto propone el estudio de las emisiones de combustibles mezclados con biodiesel de aceite quemado, por medio de la experimentación del par motor, la potencia y las emisiones con equipos especializados.

Estado del Arte

Combustibles.

El combustible producido a base de materiales renovables, como los aceites vegetales, aceites reusados, que pueden ser utilizados en los motores diésel. Químicamente constituyen éteres de alquilo, de metilo y de etilo, con cadenas largas de ácidos grasos. Dichas cadenas, al estar oxigenadas, otorgan al motor una combustión más limpia. Los biocombustibles se encuentran registrados como combustible y como aditivo en la Agencia de protección del ambiente en los estados unidos. El éter (parecido al vinagre) puede ser producido a partir de distintas fuentes de aceite, tales como girasol, colza, soja, maní, palma y grasas animales. Este combustible puede utilizarse puro B100, o en mezclas de diferentes concentraciones con el diésel de petróleo, la mezcla más utilizada en la actualidad es B20, es decir 20 partes de éter vegetal y 80 partes de diésel. También es utilizado como aditivo, sus concentraciones normalmente no superan el 5%. Según Llanes et al. (2017), afirma “Los biocombustibles son una alternativa que ha despertado una especial atención en gobiernos e instituciones por la significativa reducción de emisiones nocivas emanadas de los motores de combustión interna.” Es por tal que el uso de biocombustibles es una alternativa amigable con el medio ambiente, ya que en el país no cumple con parámetros de calidad de aire, donde el transporte es un factor esencial que produce este defecto, es por tal que el uso de biocombustibles es una alternativa para minimizar daños ambientales y a la salud.

La CEPAL (2008) en su estudio indica, Ecuador produce y exporta etanol y biodiesel a partir de la caña de azúcar y del aceite de palma africana respectivamente. Esas actividades tienen como antecedentes a las industrias del azúcar y alcohol y a la de producción de aceite, desarrolladas inicialmente para cubrir necesidades del mercado interno (CEPAL, 2008). La producción de combustibles derivados de la caña de azúcar, ya se comercializa en el país con el nombre de Ecopaís, siendo la costa ecuatoriana la pionera en la venta de este hidrocarburo, con vista a una comercialización a nivel nacional en los posteriores años según (Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador, 2016).

Propiedades de los combustibles.

A continuación, se presenta y comparan las propiedades, físicas y químicas, más importantes del diésel y biodiésel desde el punto de vista de su uso como carburantes en motores diésel.

Densidad.

La densidad es una propiedad a tener en cuenta en el transporte y almacenamiento del combustible, influye en la operación del sistema de inyección, en el proceso de atomización del combustible (aunque en menor medida que la viscosidad) y, junto con otras propiedades físicas del combustible, en el instante de inicio de la inyección (Fernández, 2007).

Según Agudelo, Benjumea, Gomez, y Perez (2003) dice que la densidad del biodiésel está relacionada con otras propiedades del mismo (viscosidad, compresibilidad y número de cetano, entre otras) al depender todas ellas de la estructura molecular, entendiendo por esta el grado de saturación y la longitud de cadena (número de átomos de carbono). En este sentido encontraron buenos coeficientes de correlación lineal de la densidad con el

número de cetano y el índice de yodo, e incluso con la emisión de NOx en un determinado motor diésel (a mayor densidad menor número de cetano y mayor índice de yodo y emisión de NOx). Por lo tanto y según estos autores, es posible emplear la densidad, propiedad cuya medida resulta fácil, rápida, precisa y poco costosa, para estimar otras propiedades. Se contempla que las normas de calidad de combustibles diésel establecen valores límites para esta propiedad, ya que los sistemas de inyección están optimizados en un rango más o menos estrecho de densidad para mantener la dosificación de combustible una densidad demasiado baja elevaría el consumo volumétrico del combustible, perjudicando al usuario final. Por otra parte, una densidad demasiado elevada en el caso del biodiésel limitaría aún más la proporción máxima de biodiésel que puede ser mezclada con diésel para que la mezcla resultante cumpla con la norma, por lo que puede hablarse de un carácter limitante de la densidad. A continuación, se muestra estos límites en la norma europea y en la americana en la tabla 1 (Santivañez, 2016).

Tabla 1
Densidad en las normas de combustible diésel.

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel Convencional	Max. 39° API
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	Sin limitación
EN 590	Europa	Diésel Convencional	820-845 kg/m ³
EN 14214	Europa	Biodiésel	860-900 Kg/m ³
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Sin incluir
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Diésel Premium	860-900 Kg/m ³

Módulo de elasticidad y velocidad del sonido.

El módulo de elasticidad (conocido en literatura como módulo de bulk, inversa del

módulo de compresibilidad), y la velocidad del sonido de un combustible son dos de los parámetros que más afectan al funcionamiento del sistema de inyección diésel, y que determinan el instante en el que se inicia la misma. Es por esto que se dice que cuando mayores son el módulo de elasticidad y la velocidad del sonido del combustible, antes se inicia la inyección, se presenta la tabla 2 (Agudelo J., 2005).

Tabla 2

Módulo de elasticidad y velocidad del sonido de varios combustibles, a presión atmosférica y temperatura de 40°C

Combustible	Módulo de elasticidad (MPa)	Velocidad del sonido (m/s)
Diésel convencional	1394.4	1298.9
Éter metílico de soja	1562.4	1342
Éter metílico de colza, bajo erúcico	1562.1	1343.4
Éter metílico de colza, alto erúcico	1417	
Éter metílico de girasol	1420	
Éster metílico de grasa animal	1515.7	1330
Éter metílico de aceite usado	1537.9	1339
Éter etílico de soja	1547.1	1340.1

Nota: (Fernández, 2007)

Viscosidad.

Fernandez (2007) dice que a viscosidad de un líquido se define como la resistencia del mismo a fluir, y en términos microscópicos se relaciona con las interacciones intermoleculares, además de la forma y tamaño de las moléculas. La viscosidad del biodiésel es superior a la del diésel convencional, pero un orden de magnitud inferior a la de su aceite origen. Esta gran diferencia entre la viscosidad del biodiésel y su aceite origen puede ser aprovechada para monitorizar el avance de la

reacción de transesterificación. Debido a que los polímeros formados durante la oxidación del biodiésel incrementan la viscosidad de este, también se puede emplear como variable de control del proceso de oxidación.

Por otra parte (Santivañez, 2016) comenta que la viscosidad del combustible afecta a la inyección del mismo, a la atomización, formación de chorro y tamaño de las gotas, a la operación de los componentes del sistema de inyección, tales como la propia bomba, e incluso al instante de inicio de la inyección en sistemas de inyección hidráulicos. Cuando mayor es la viscosidad del combustible, mayor es el tamaño de la gota, pero el proceso de atomización, siendo además la viscosidad el parámetro del combustible que más influye en la atomización. (Benavides, 2017). encontraron que el tamaño de gota, calculado como el diámetro medio de Sauter, es mayor en el biodiésel respecto del diésel, siendo esta variación desde el 7% en el caso del biodiésel procedente de aceites de coco hasta el 40% para el procedente de aceite de colza alto erúxico. El proceso de combustión también se ve afectado por la viscosidad del combustible, habiendo relacionado mayores viscosidades con la formación de depósitos en la cámara e incluso incrementos en las emisiones de NOx. (Fernández, 2007) menciona que las normas europeas y americanas limitan tanto el valor superior de la viscosidad cinemática (por las razones anteriormente descritas y para facilitar el flujo de combustible a través de orificios, líneas de inyección y toberas del inyector) como el inferior (por posibles fugas de combustible en las juntas, bomba de inyección e inyectores, y por posibles pérdidas de lubricidad, si bien esta última propiedad y la viscosidad no deben ser confundidas). Además, una viscosidad demasiado elevada podría aumentar la presión de inyección y con ella el desgaste de los equipos de inyección, disminuyendo su vida útil. La Tabla 3 presenta estos límites, tanto

en norma europea como americana, para diésel convencional y biodiésel.

Tabla 3

Viscosidad cinemática (a 40°C) en las normas de combustibles diésel

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel Convencional	1.9-4.1 cSt
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	1.9-6 cSt
EN 590	Europa	Diésel Convencional	2.0-4.5 cSt
EN 14214	Europa	Biodiésel	3.5-5.0 cSt
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	2.0-5.0 mm ² /s
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiésel	3.5-5.0 mm ² /s

Lubricidad.

Fernandez (2007) habla que la lubricidad de un líquido se define como la capacidad del mismo para reducir la fricción entre partes sólidas en movimiento relativo unas respecto de otras. En motores diésel, un combustible con mayor lubricidad disminuye la fricción y el desgaste de las partes móviles del sistema de inyección, prolongando su vida útil. Aunque en ocasiones esta propiedad se confunde con la viscosidad, ambas son diferentes, se aprecia en la tabla 4. En una afirmación recogida dice que “la capacidad lubricante de un combustible no está proporcionada por su viscosidad, sino por otros componentes que previenen el desgaste entre partes metálicas en contacto” (Fernandez, 2007).

Tabla 4

Diámetro de huella en el ensayo HFRR, a 60°C.

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel Convencional	Sin incluir
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	Sin incluir

EN 590	Europa	Diésel Convencional	Max. 460 um
EN 14214	Europa	Biodiésel	Sin incluir
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Sin incluir
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiésel	Sin incluir

Curva de destilación.

Milo Carmenate (2004) encontró que la curva de destilación a presión atmosférica de un combustible, ensayo realizado según norma ASTM D-86, es una medida de la volatilidad del mismo. La curva de destilación influye sobre el arranque en frío, formación de depósitos y emisiones contaminantes. Por ejemplo, combustibles con temperaturas de destilación altas, como es el caso del biodiésel, son menos volátiles y necesitan mayor cantidad de energía para su completa vaporización, por lo que aumenta la SOF de las partículas. La curva de destilación de los combustibles está limitada según se indica en la Tabla 5. Un procedimiento alternativo útil para combustibles de elevado peso molecular (como el biodiésel) es la destilación a presión reducida, según ensayo ASTM D-1160, si bien se sabe que sus resultados no se pueden relacionar con los del ensayo ASTM D-86 a presión atmosférica. De igual manera, (Fernández, 2007), considera que el rango de temperaturas de destilación del biodiésel es mucho más estrecho y, en promedio, mayor que el del diésel, debido, respectivamente, a la mayor homogeneidad y peso molecular del biodiésel.

Tabla 5

Límites de la curva de deslizamiento de diésel y biodiésel en las normativas.

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel Convencional	$282\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{90}$ $\leq 338\text{ }^{\circ}\text{C}$

ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	$T_{90} \leq 360^{\circ}C$
EN 590	Europa	Diésel Convencional	$T_{65} \leq 250^{\circ}C$ $T_{85} \leq 350^{\circ}C$ $T_{95} \leq 360^{\circ}C$
EN 14214	Europa	Biodiésel	Sin incluir
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Sin incluir
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiésel	Sin incluir

Poder calorífico.

Soledispa y Llumitasig (2017) dice que el poder calorífico de un combustible es una medida de su contenido energético. Cuanto mayor es éste, menor es el consumo específico de combustible necesario para obtener unas condiciones determinadas de operación en el motor, y mayor es la potencia alcanzada a plena carga. El poder calorífico de los combustibles, tanto diésel como biodiésel, no está limitado en ninguna de sus normas de calidad (ni europea ni americana). Está totalmente aceptado que el poder calorífico del biodiésel es menor que el del diésel, y que esta diferencia es del 13-14%, en base másica, aproximadamente. Varios autores apuntan que la razón de este menor poder calorífico del biodiésel radica en el contenido en oxígeno de su molécula y, por tanto, su menor contenido de carbono e hidrógeno.

Número de cetano.

Fernández (2007) investigó que el número de cetano de un combustible mide la capacidad de autoencendido del mismo y es, por tanto, muy útil para caracterizar combustibles usados en motores diésel, donde la combustión se inicia por autoencendido del combustible. Cuanto mayor es el número de cetano, menores son el tiempo de retraso y muchas de las emisiones contaminantes, mejor es su arranque en condiciones frías y menor el ruido de la combustión. El número de cetano de diésel y biodiésel se encuentra

limitado en las normas de calidad de los combustibles según Tabla 6 siendo más restrictivo en Europa que en Estados Unidos. Beckman (2013) afirma: “Los biocombustibles líquidos, la mayoría de los sistemas de producción producen menos emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otras alternativas a los combustibles fósiles”. En su estudio presenta un enfoque en la obtención de alcohol a partir de la caña de azúcar y de la melaza que es un subproducto del proceso de elaboración del azúcar. Para la elaboración de biocombustibles a partir de este alcohol. (Beckman, 2013)

Tabla 6
Límites del número de cetano en las normas de calidad diésel y biodiésel.

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel Convencional	Min. 40
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiesel	Min. 47
EN 590	Europa	Diésel Convencional	Min. 51
EN 14214	Europa	Biodiesel	Min. 51
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Min. 45
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiesel	Min. 49

D’silvaa et al. (2015) afirma; Las propiedades fisicoquímicas del combustible se observa que el punto de combustión, la densidad y la viscosidad de la muestra de combustible aumenta con la adición de nano partículas de Titanio. Hay un pequeño aumento del 0.59% en el poder calorífico del combustible, denotando en el aumento de las emisiones de NOx del 32% a la carga máxima, la disminución en la emisión de hidrocarburos no quemados en un 18.36% y monóxido de carbono en un 25% a carga máxima (D’Silvaa, Bhatc, & Binu , 2015).

Emisiones

En su estudio Shah et al. (2016); “Los resultados de la prueba se discuten para caracterizaciones de combustible y caracterizaciones de motor. Cada el parámetro se analiza en tres pasos. En el primer paso, la discusión arrojó luz sobre la comparación entre el diésel y el aceite vegetal. En el segundo paso, la discusión se centra en la comparación entre el aceite comestible (SF) y el aceite no comestible (KO) sin aditivo y en el tercer paso se discute la influencia de los aditivos de combustible tanto en aceites comestibles como no comestibles” De tal manera se caracteriza los combustibles orgánicos como el Biodiesel y el Etanol para proceso de la combustión, denotando que el uso de combustibles naturales o biocombustibles, tiene menor incidencia en emisiones contaminantes arrojadas al medio ambiente (Shah & Ganesh, 2016). También Tolvett (2009) en su estudio afirma; “La mayoría de los inventarios de emisiones de fuentes móviles en Latinoamérica provienen de modelos internacionales de estimación de emisiones, en su mayoría estadounidenses o europeos. Modelos como COPERT, MOBILE o IVE en sus distintas versiones se han utilizado completa o parcialmente en orden de establecer los inventarios que sirven como herramienta a los tomadores de decisión locales”. Al tener un modelo COPERT (tabla 7), el cual es un sistema de modelación de emisiones vehiculares llamado Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport (COPERT), es un programa elaborado en Visual Studio.NET 2003 de Microsoft y funciona en cualquier PC con Windows, fue desarrollado como la herramienta europea para calcular las emisiones provenientes de los vehículos automotores en circulación (EMISA SA, 2017).

Tabla 7

Normas Europeas en relación a emisiones Subcategorías COPERT

Tipo de combustible	Peso del vehículo (toneladas)	Tamaño del motor (litros)	Tecnología del motor
----------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------

Gasolina	Menor 3.5	Menor 1.4	PRE ECE
Diésel	Mayor 3.5	1.4 – 2.0	ECE 15/00-01
Gas Licuado de	Mayor 7.5	Mayor 2.0	ECE 15/02
Petróleo	7.5 – 16 32		EURO III EURO IV EURO V

Nota: (ECE, 2010)

En la tabla 3 se aprecia subcategorías en el modelo COPERT de emisiones basadas en el tipo de combustible, peso del vehículo, cilindraje y la tecnología del motor, en relación a estas se evidencia en la tabla 8 mediante una descripción de las emisiones contaminantes ocasionadas por cada combustible utilizado.

Tabla 8
Contaminantes considerados en COPERT

Contaminante	Descripción
COV	Compuesto Organico Volatil
CO	Monoxido de Carbono
NO_x	Oxidos de Nitrogeno
PM	Particulas
CO₂	Dioxido de carbono
CH₄	Metano
N₂O	Oxido Nitroso
NH₃	Amoniaco

Nota: (Tolvett Caro, 2009)

Wang & Fu (2012) en su investigación informa, que las emisiones relacionadas con el tráfico en ruta se han convertido en las principales fuente de contaminación del aire en el área urbana de China”, demostrando en si la calidad de aire y las emisiones contaminantes arrojadas al medio ambiente por residuos de combustión. Además, en su estudio Jung et al. (2016) indica que el objetivo de este estudio es estimar el kilometraje del vehículo recorrido (VKT) y las emisiones

en la carretera utilizando el volumen de tráfico en zonas urbanas”. El alcance de este estudio está basado en las emisiones contaminantes por combustibles en la ciudad Incheon, Corea.

Determinaron la incidencia del combustible en las emisiones y la calidad de aire en Corea, aportando una alternativa ambiental que se encuentra en la Academia China de ciencias (Jung, Jounghwa , Jeongsoo, Hong, & Park, 2016).

O’Driscoll et al. (2016) en su estudio afirma; que para la medición de emisiones en ruta se utiliza el modelo COPERT, que se encuentra instalado en el Sistema de Medición de Emisiones (PEMS). Los resultados muestran amplia variabilidad en las emisiones de NOx de 1 a 22 veces el límite de aprobación de emisiones promedio de NOx y 4.5 veces el límite de Euro 6 (O’Driscoll, y otros, 2016). Mientras que Duarte et al. (2016) en su estudio afirma; El consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes, tienen repercusión en el medio ambiente en este estudio se realizó un seguimiento de dieciséis vehículos de servicio equipados con diferentes tecnologías de propulsión (motor de encendido por chispa, motor de encendido por compresión, híbrido paralelo e híbrido completo) fueron monitoreados usando un portátil sistema de medición de emisiones en condiciones reales de conducción para determinar los efectos que estos causan al medio ambiente (Duarte, Gonçalves, & Farias, 2016).

Para el análisis de emisiones en ruta ON BOARD Kwon et al. (2017) informa; el manejo de Normas Euro 6 para emisiones de gases contaminantes y conocer el efecto de estos en la ciudad de Seúl, Corea. Para este estudio se probaron seis vehículos diésel y se analizaron los resultados de emisiones de NOx de acuerdo con las rutas de conducción, las condiciones de manejo, los métodos de análisis de datos y la temperatura ambiente. En la figura 3 se aprecia la ruta de recorrido para pruebas ON BOARD, en la ciudad de Corea (Kwon, y otros, 2017).

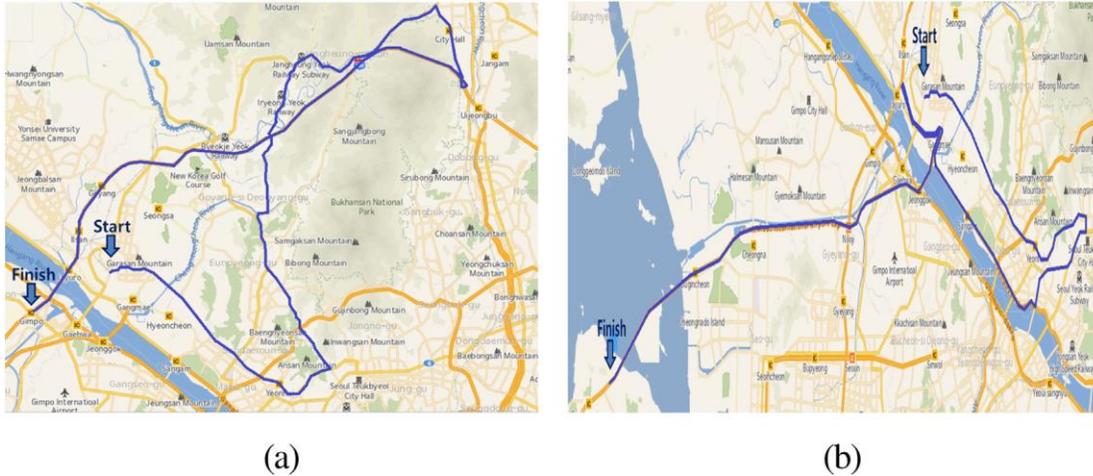


Figura 3. Ruta para pruebas On Board Seúl Corea (Kwon, y otros, 2017)

La mayoría de los inventarios de emisiones de fuentes móviles en Latinoamérica provienen de modelos internacionales de estimación de emisiones, en su mayoría estadounidenses o europeos. Modelos como COPERT, Mobile o IVE en sus distintas versiones se han utilizado completa o parcialmente en orden de establecer los inventarios que sirven como herramienta a los tomadores de decisión locales. Sin embargo, dentro de la ecuación básica que usan estos modelos para calcular las emisiones existe un dato que no necesariamente es válido para la realidad en Latinoamérica: los factores de emisión. Los factores de emisión utilizados en la región, presentes en los modelos antes mencionados, corresponden a datos obtenidos en Estados Unidos o Europa. Es decir, dichos factores de emisión no necesariamente reflejan las condiciones de conducción, de mantenimiento, características de los combustibles o características geográficas de las distintas ciudades de la región (Tolvett, 2009).

Método

Los objetivos propuestos se determinó los parámetros por los cuales se llevará a cabo el estudio, es por tal razón que el presente trabajo se desarrolló una fase de la investigación exploratoria está en base a estudios, artículos e investigaciones compartidas por diferentes autores, entre los cuales se determina la incidencia del combustible en el medio ambiente, factores de emisiones contaminantes, rutas para realizar el estudio, y en el correcto funcionamiento del motor

El desarrollo de la investigación partió del problema al cual se observó para definir hechos, y generar la hipótesis con la finalidad de posibles predicciones o soluciones mediante pruebas a realizar para su validación, con la finalidad de contribuir con un nuevo conocimiento que contribuya a la solución del problema y ayudar al enriquecimiento personal.

Con base a lo expuesto se determina el flujograma de trabajo para determinar los alcances de la investigación, se muestra en la figura 4.

Vehículos a utilizar.

El vehículo a utilizar entre sus características ya que es la firma que en su gran mayoría se comercializa en el país en el transporte de pasajeros tipo turismo, en la tabla 9 se aprecia la marca del vehículo, las características como cilindrada, modelo y combustible que permite el trabajo del equipo.

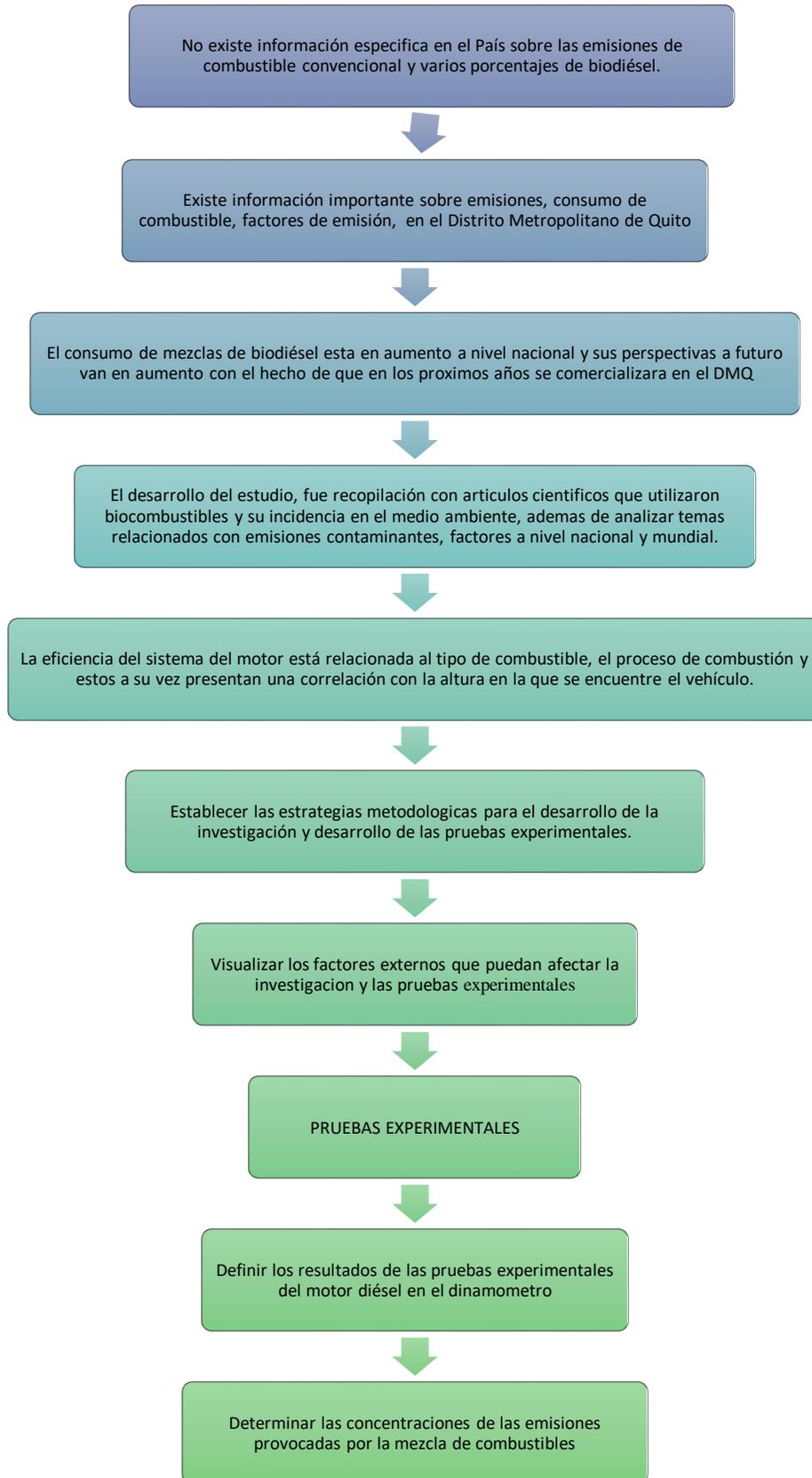


Figura 4. Flujograma caracterización del sistema de emisiones en ruta

Tabla 9

Características de los vehículos a utilizar para el estudio

Marca	HYUNDAI FURGONETA
Modelo	TQ 12PAS 2,5 TM DSI A
Tipo	M2 - FGP - VAN/FURGONETA DE PASAJEROS
Cilindrada (cc)	2500 / DIESEL
N° de Motor	D4BHB019313
Cilindros	4 EN LINEA
Max. Potencia	98HP a 3800Rpm
Max. Torque	392 Nm /2000-2500 Rpm
Transmisión (Manual/Automática) [N°]	Manual (5A + 1R)
Designación de tamaño de neumáticos	215 / 70 R 16C

Tipo de combustible.

El presente estudio se toma en cuenta varias propuestas de combustible que se combinó entre diésel premium y mezclas del 10% y 20% de biodiesel y diésel premium como línea base que se comercializan en el País, estas fueron caracterizadas por medio de la Norma INEN: 1489:2012 y se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Tipos de combustibles a utilizar

Propiedades del combustible	Norma	Diésel Premium	Diésel / 10% biodiésel (B10)	Diésel / 20% biodiésel (B20)	Norma INEN: 1489:2012
Número de cetano	ASTM D976 - 06	51.7	53.2	53.2	45 min.
Curva de destilación					

T ₉₀ – 90% evap., (°C)	ASTM D88	336	336	343	360 max.
Punto de Inflamación (°C)	ASTM D93 -16a	61	63	66	51 min.
Contenido de azufre (ppm)	ASTM D4294 - 16	145.93	122.7	106.76	650 max.
Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130 -12	1A	1A	1A	3
Viscosidad cinemática a 40 °C (mm ² /s)	ASTM D445 - 15a	3.528	3.445	3.459	2 - 5
Agua y sedimentos (%)	ASTM D1796 - 11	<0.05	<0.05	<0.05	0.05 máx.

Pruebas ON BOARD

Las pruebas de medición a bordo “ON BOARD” es una aproximación deseable de la cuantificación en lo que respecta a emisiones vehiculares en condiciones reales. La finalidad de este estudio es obtener el volumen real de cada contaminante en función del tiempo, distancia de recorrido y consumo de combustible para su posterior análisis en relación a cada combustible utilizado. El protocolo de pruebas On Board, lo cual se indica los equipos a utilizar en el proceso de medición de emisiones contaminantes en ruta, previamente establecida (Pilliza & Montalvo , 2016).

El principal reto es analizar la concentración de emisiones, consumo de combustible en determinados tramos del Distrito Metropolitano de Quito para los cuales se determina una medición en carretera ascenso, carretera descenso y en el sector urbano, en determinadas horas del día y diferentes flujos de tráfico (Caiza, 2018). Con la finalidad de obtener el volumen de cada contaminante, en función del tiempo, distancia de recorrido y consumo de combustible. La característica principal de esta prueba, radica en tiempo, ya que los resultados se obtienen en tiempo real y en las condiciones reales de conducción del vehículo, de esta forma se aprecia las

concentraciones de emisiones contaminantes de manera más precisa y en tramos determinados, en relación a: CO, CO₂, O₂, HC y NO_x. La ejecución de esta prueba se necesita el equipo adecuado que se detalla en la tabla 11, elegir la ruta validada, ya que de esto depende valores de contaminación y consumo de combustible de la presente investigación y finalmente la conducción por parte de una persona capacitada.

Tabla 11

Componentes del sistema ON BOARD

EQUIPO	CARACTERISTICAS
Sonda de gases	Se instala en el sistema de escape
Canister o tanque de combustible	El equipo se instala en el sistema de alimentación de combustible
Equipo ON BOARD	Se instala en el vehículo y va conectado a la sonda de escape.
Computador	Recibe la información del equipo ON BOARD
Conexiones al sistema de inyección del vehículo	Son mangueras que permiten la conexión entre el vehículo y el Canister

Sonda de gases.

La sonda se instala en el sistema de escape del vehículo y su principal función es detectar las emisiones contaminantes en forma de gases esto se toma de forma directa y las direcciona al equipo a bordo para su posterior análisis y emisión de datos.

Canister o tanque de combustible.

El encargado de suministrar la cantidad de combustible y la presión necesaria para movilizar el vehículo es el canister. Las características del equipo denotan la capacidad de medir la cantidad de combustible consumido en la ruta recorrida, consta de dos mangueras una de ingreso y otra de retorno de gasolina en el motor, adicional incluye una bomba manual para brindar la

presión necesaria, de forma que simula la presión de la bomba de combustible (Rocha-Hoyos et al., 2018).

Equipo ON BOARD.

Es el encargado de analizar y transformar los datos enviados por la sonda y almacenarlos en el ordenador. El ordenador mediante programas preestablecidos se encarga de obtener los resultados y transformarlos en formato EXCEL para su posterior análisis.

Conexiones al sistema de inyección del vehículo.

Son conexiones establecidas entre el Canister y el riel de inyectores para poder enviar el combustible al motor. Para este estudio se realiza el análisis con determinadas propuestas de combustible, en determinadas condiciones de tráfico y condiciones geográficas como la división en diferentes tramos para aprovechar las determinadas condiciones que puede ofrecer el DMQ. En la tabla 12 se aprecia las características técnicas del equipo, de la misma manera los rangos de medición, precisión y resolución que el equipo arroja para el posterior análisis.

Tabla 12

Rangos de medición equipo AXION GO

Tipo	Rango de medición	Precisión	Resolución
Medición de O ₂ Sensor	Mayor o igual de (0,01 a 25% Vol.)	Mayor o igual a +/- 0,1% abs	Mayor o igual a 0,01% Vol.
Medición de CO NDIR	Mayor o igual de (0,001 a 10% Vol.)	Mayor o igual a +/- 0,02% abs	Mayor o igual a 0,001% Vol.
Medición de NOX Sensor	Mayor o igual de (0 a 4000 ppm)	Mayor o igual a +/- 25 ppm abs	Mayor o igual a 1 ppm
Medición de CO NDIR	Mayor o igual de (0,01 a 16% Vol.)	Mayor o igual a +/- 0,30% abs	Mayor o igual a 0,01% Vol.
Medición de HC NDIR	Mayor o igual de (1 a 15000 ppm)	Mayor o igual a +/- 4 ppm abs	Mayor o igual a 1 ppm

Nota: Manual de usuario equipo ON BOARD, Marca GLOBAL MRV, Modelo AXION GO

Protocolo de pruebas.

El estudio propone realizar 12 pruebas de ruta, se considera 4 pruebas por cada combustible.

En la figura 5 se aprecia una distribución del análisis de datos al usar el sistema on board

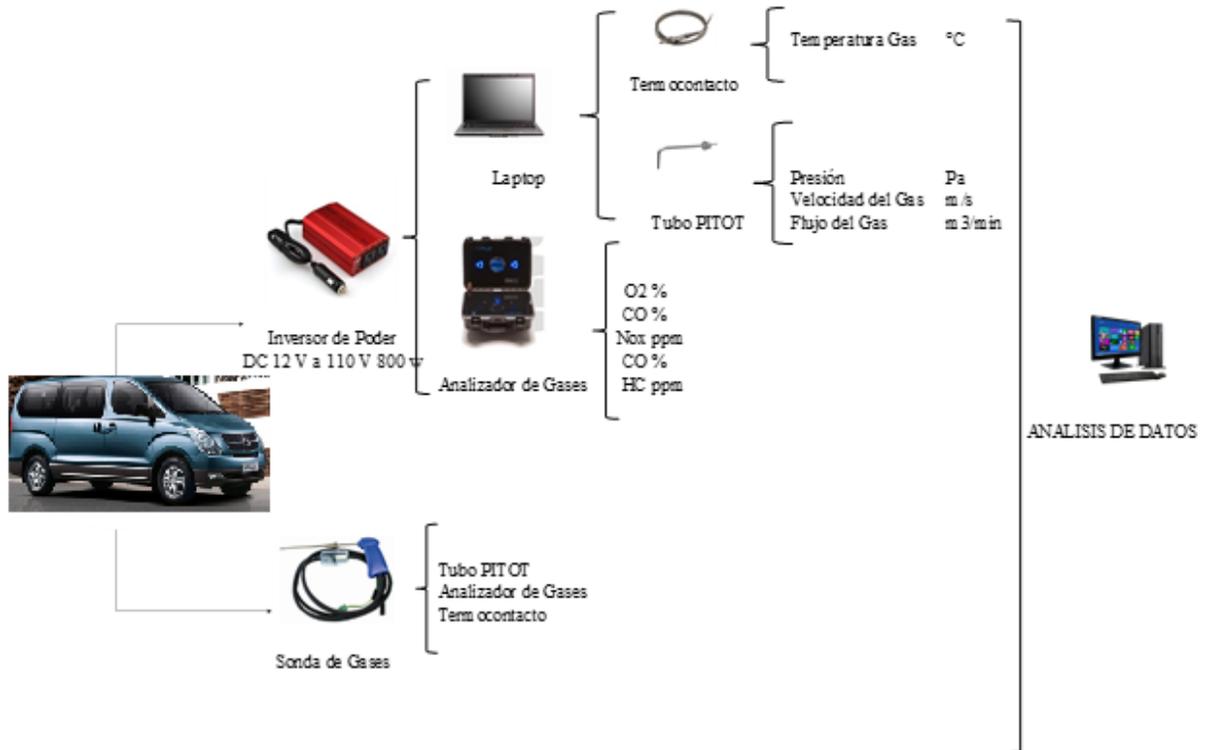


Figura 5. Análisis de datos sistema en ruta

A continuación, se presenta el protocolo de pruebas realizado para la toma de datos en el sistema en ruta:

1. El vehículo se encuentra en temperatura de funcionamiento, es decir previamente el automotor se encontró encendido alrededor de 15 a 20 minutos, para alcanzar la temperatura de operación.

2. Se debe verificar que el sistema de escape no presente fugas, ya que estas pueden alterar la validación de los resultados, como se aprecia en la figura 6.



Figura 6. Inspección visual del sistema de escape

3. Instalar el equipo ON BOARD, en el habitáculo del vehículo, como se aprecia en la figura 7.



Figura 7. Instalación del equipo ON BOARD en el habitáculo.

4. La fuente de energía es a partir de la batería, es decir 12 V., que conecta al equipo con conexiones al habitáculo, como se observa en la figura 8.



Figura 8. Instalación del sistema eléctrico.

5. Las conexiones entre el tanque de combustible externo y el riel de inyección del vehículo mediante las cañerías preestablecidas que constan en el equipo, como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Conexión del canister al riel de inyectores.

6. Instalar el tanque con las conexiones ya establecidas, para simular el funcionamiento de la bomba de combustible del vehículo. La presión establecida es de 50

psi y debe ser proporcionada por el copiloto el cual se encarga de mantener esta presión de forma manual, por todo el trayecto y tiempo que demore la ruta. Este tanque externo trabajara con 5 L., que serán proporcionados por el copiloto mediante una probeta normalizada, para mitigar el margen de error, y la misma probeta se ejecutara al finalizar la prueba para constatar el consumo de combustible en cada una de las 12 mediciones a realizar. En la figura 10, se aprecia el tanque y la probeta.



Figura 10. Tanque externo, conexiones y probeta normalizada para mediciones.

7. Colocar la sonda de gases en el circuito de escape del vehículo, es decir el tubo de escape, sujetar por medio de una amarra metálica para mantener fijo el equipo y asegurar las mediciones del mismo, en la figura 11.



Figura 11. Colocación de la sonda de gases en el sistema de escape del vehículo.

8. Asegurar la conexión entre el analizador de gases y la sonda para obtener los datos de cada medición en tiempo real para realizarse el posterior análisis.

9. Encender el equipo en ruta mediante dos tanques previamente cargados, el primero con Oxígeno y el segundo con CO, CO₂ y HC, se realiza la calibración del equipo para obtener medidas precisas en lo largo del trayecto. En las figuras 12 y 13 se muestra los tanques para la calibración y el equipo utilizado para las mediciones.



Figura 12. Tanques de calibración.



Figura 13. Equipo ON BOARD.

10. Se realiza una prueba de conexión para verificar que el equipo se encuentre en funcionamiento y los valores arrojados sean los necesarios para la medición, en el caso de

obtener resultados positivos, se procede a desplazarse al lugar donde se empieza la ruta de pruebas.

11. Seguir la ruta establecida, para este caso el conductor debe ser el mismo en cada una de las 12 pruebas a realizar, para evaluar los datos con la manera de conducir de la misma persona y no tener variación en los valores obtenidos, en la figura 14, se evidencia el inicio de la ruta en el puente 5 de la Autopista general Rumiñahui (Caiza, 2018).



Figura 14. Inicio de ruta de prueba

12. La cantidad de consumo de combustible, es proporcionada por el tanque externo. Al terminar cada trayecto el restante de combustible es enviado a una probeta y se compara los valores iniciales y finales, como se observa en la figura 15 y se obtiene el consumo de combustible en cada prueba.

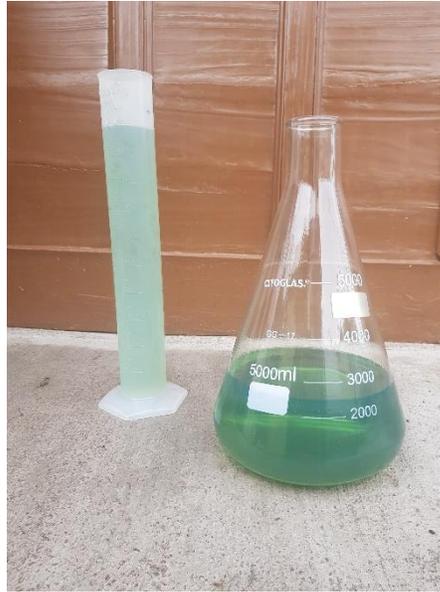


Figura 15. Probetas normalizadas para medir consumo de combustible.

13. Para finalizar la ruta, se debe registrar los datos con el equipo en ruta para obtener los valores de emisiones contaminantes y repetir el procedimiento para cada prueba a efectuarse.

Para el estudio cada vehículo debe completar 12 pruebas de ruta, divididas en 4 pruebas con diésel premium como línea base, 4 pruebas de 90% diésel premium y mezclado con 10% de biodiesel de aceite quemado y finalmente 4 pruebas de 80% diésel premium y mezclado con 20% de biodiesel de aceite quemado, en este estudio se tomó en cuenta que el vehículo realizara cada prueba en temperatura normal de operación, para aprovechar las características normales de funcionamiento del automotor, así como la cantidad de emisiones arrojadas al ambiente en una correcta operación de trabajo del vehículo.

En la tabla 13, se describe el protocolo de pruebas por vehículo y las diferentes mezclas de combustibles con su determinada densidad.

Tabla 13

Protocolo de pruebas On Board y propuestas de combustibles

COMBUSTIBLES	NUMERO DE PRUEBAS	DENSIDAD a 20°C
Diésel Premium	4	460 kg/cm ³
Diésel Premium 90% + Biodiésel B10 10%	4	468 kg/cm ³
Diésel Premium 80% + Biodiésel B20 20%	4	480 kg/cm ³

Ruta.

Según Quinchimbla (2017) los determinados ciclos de conducción proponen valores reales de consumo de combustible en el DMQ, por tal motivo la ruta a escoger debe ser una mezcla entre carretera y ciudad, que tenga los puntos más altos y bajos en altitud que caracteriza la región. La ruta inicia en el Puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui para después continuar a través de la Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av. Colon con la 12 de Octubre); recorriendo una distancia de 7993 m de parte Suburbana y 7680 m de parte urbana, con una longitud total de 15673 m, en la figura 16 se aprecia la ruta especificada para las pruebas que identifica de mejor manera el desempeño del vehículo en relación a la altura y emisiones contaminantes (Quinchimbla & Solis Santamaría, 2017).

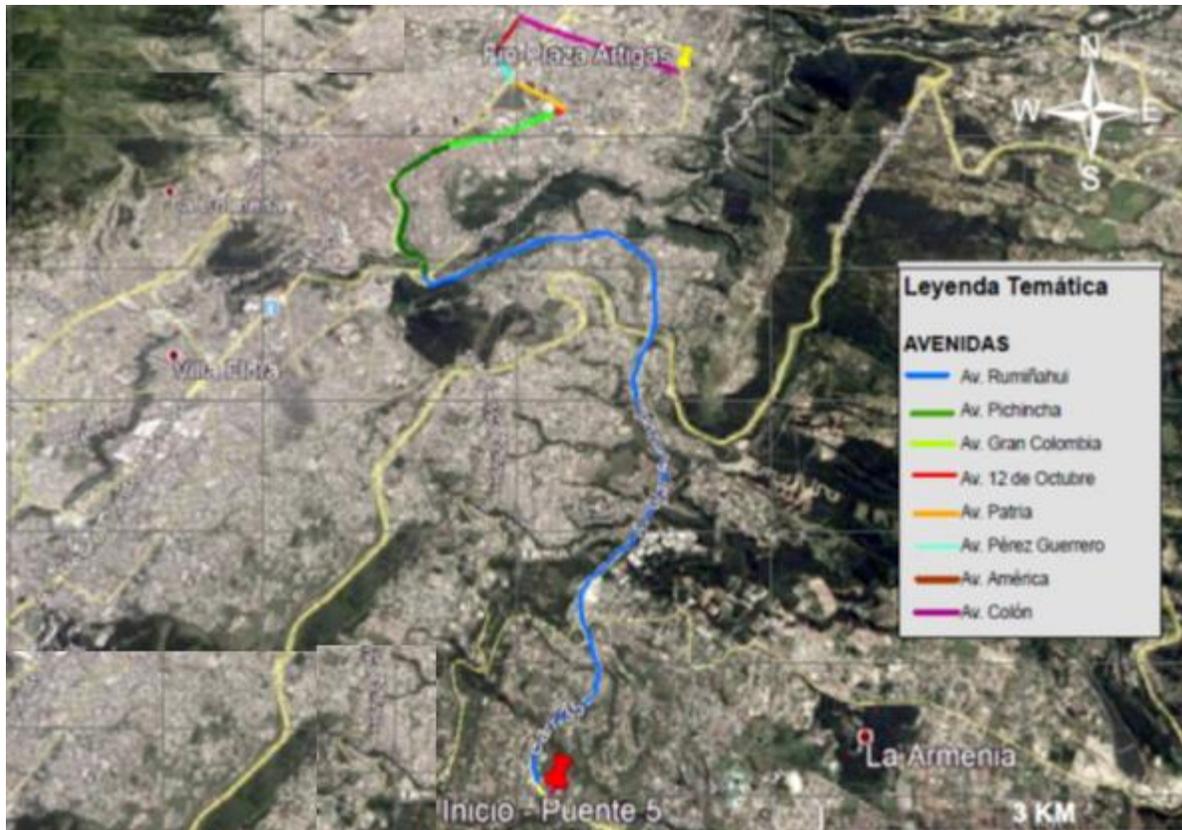


Figura 16. Ruta de prueba (Quinchimbla & Solis Santamaría, 2017)

La investigación se desarrolló en el perímetro de la ciudad, se considera que existen controles de velocidad alrededor de la misma, es por tal razón que la velocidad no debe sobrepasar los 50 km/h en el tramo urbano, en el caso de carretera la velocidad no debe sobrepasar los 90 km/h. La ruta contempla los puntos más altos y bajos, que encontramos en el Distrito Metropolitano de Quito, es decir en la Avenida Gral. Rumiñahui a la altura del puente que se interseca con la Av. Simón Bolívar, obtenemos 2877m (el punto más alto en la ruta), por el contrario, los puntos con menor altura son El trébol con 2755 m y en la Av. Rumiñahui con 2619 m (altura del puente 5). La ruta inicia con dos tramos, el primero el tramo de Carretera se divide en dos secciones. La primera Ascenso por lo largo de la Av. Rumiñahui donde se obtendrá los datos para el análisis posterior, la segunda contempla el descenso en la carretera hasta el Trébol que muestra la segunda medición para la discusión. El Segundo tramo está basado en la zona urbana que

empieza en el sector del Trébol y finaliza en la plaza Artigas en el centro de la ciudad. Los datos arrojados por el equipo permiten la discusión sobre las diferentes alternativas de combustibles a utilizar.

Factores de emisión

Según Urbina (2016), el procedimiento para el cálculo de los factores de emisión parte del punto de desarrollar una formula molecular equivalente para el combustible. Es tal que el combustible contiene componentes de carbono e hidrogeno con cantidades despreciables de otros elementos para el propósito del balance de masa. En la siguiente tabla 14 se aprecia el peso molecular para un combustible con 80% peso de carbono y 20% peso hidrogeno, para obtener una formula CH₃.

Tabla 14

Formula molecular equivalente CH₃

Componente	Lb por 100 lb de combustible	Peso molecular	Lb mol por 100 lb de combustible	Lb mol por lb mol de carbono
Carbono	80.0	12.0	6.7	1.0
Hidrogeno	20.0	1.0	20.0	3.0

Nota: Formula molecular equivalente CH₃, con un combustible con 80% de peso de carbono y 20% de peso de hidrogeno (Urbina, 2016).

Para el caso de la formula molecular equivalente CH₃, va relacionado con el peso molecular del combustible y está dado por según Urbina, (2017):

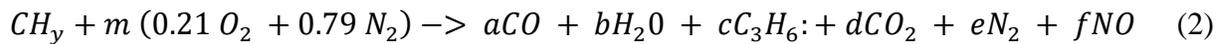
$$y = \left(\frac{\% \text{ peso H}}{\% \text{ peso C}} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (1)$$

Donde:

- MWC = peso molecular del carbono

- MWH = peso molecular del hidrógeno

En la ecuación 2, se presenta los productos de combustión con mayor repercusión ambiental. Para tal se considera CO, H₂O, C₃H₆, CO₂, N₂ y NO que tienen gran importancia en el balance de la masa para la combustión según Frey & Einchenberger, (1997):



Donde las variables **a, b, c, d, e, f** y **m** son coeficientes estequiométricos desconocidos y definidos según (Caiza Jacome & Portilla Aguilar, 2010) donde:

- m = moles de aire consumido por mol de combustible consumido
- a = moles formados de CO por mol de combustible consumido
- b = moles formados de H₂O por mol de combustible consumido
- c = moles formados de C₃H₆ por mol de combustible consumido
- d = moles formados de CO₂ por mol de combustible consumido
- e = moles formadas de N₂ por mol de combustible consumido
- f = moles formados de NO por mol de combustible consumido

Los átomos de combustión no pueden ser creados ni destruidos, es tal que la presentación del balance de la masa se describe como:

Elemento	Recatarte	=	Productos	
Carbono	<i>I</i>	=	<i>a + 3c + d</i>	(3)
Elemento	Recatarte	=	Productos	

$$\text{Hidrógeno} \quad y \quad = \quad 2b + 6c \quad (4)$$

Elemento Recatarte Productos

$$\text{Oxigeno} \quad 0.42 m \quad = \quad a + b + 2d + f \quad (5)$$

Elemento Recatarte Productos

$$\text{Nitrógeno} \quad 1.58 m \quad = \quad 2e + f \quad (6)$$

Al ser el CO₂ el gas predominante, en los residuos de combustión se pretende relacionar este gas con el resto de residuos que son indispensables en la relación de este estudio para tal se presenta las siguientes ecuaciones, según Caiza Jacome & Portilla Aguilar (2010):

$$R_{NO} = \left(\frac{NO}{CO_2} \right) = \frac{f}{d} \quad (7)$$

$$R_{CO} = \left(\frac{CO}{CO_2} \right) = \frac{a}{d} \quad (8)$$

$$R_{HC} = \left(\frac{HC}{CO_2} \right) = \frac{c}{d} \quad (9)$$

Dónde:

R_{CO} = Razón de CO con respecto al CO₂

R_{HC} = Razón de HC con respecto al CO₂

R_{NO} = Razón de NO con respecto al CO₂

De las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$a = d * R_{CO} \quad (10)$$

$$c = d * R_{HC} \quad (11)$$

$$d = \left(\frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \right) \quad (12)$$

Los valores de a, c y f en las ecuaciones anteriores se pretende analizar los factores de emisión (EF') en gramos de contaminante por gramo de combustible consumido según Llanes et al. (2018), Frey & Eichenberger (1997):

$$EF'_{CO} = a * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{CO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} \quad (13)$$

$$EF'_{HC} = a * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{HC}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} \quad (14)$$

$$EF'_{NO} = a * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{NO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} \quad (15)$$

Se considera como base principal del combustible al octano C_8H_{18} (equivalente $CH_{2.25}$), se presenta la ecuación del peso molecular del combustible según Caiza y Portilla (2010):

$$MW_{Fuel} = \frac{12gC}{mol C} \left(\frac{1mol C}{mol Fuel} \right) + \frac{1gH}{mol H} * \left(\frac{2.25 mol H}{mol Fuel} \right) \quad (16)$$

$$MW_{Fuel} = 14.25 * \frac{g Fuel}{mol Fuel} \quad (17)$$

La densidad del combustible (kg/m^3) y consumo por distancia recorrida FC (m^3/km), se obtiene el factor de emisión en gramos de cada contaminante por kilómetro recorrido, como se muestra en las siguientes ecuaciones, las cuales se ejecutan para el cálculo de factores de emisión de los vehículos de prueba que son proporcionados por el análisis ON BOARD según Frey & Eichenberger, (1997):

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \quad (18)$$

$$EF_{CO} = \frac{gCO}{km} = \frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (19)$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{HC}}{km} = \frac{42 \frac{\% HC}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + \left(3 \frac{\% HC}{\% CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (20)$$

$$EF_{NO} = \frac{g_{HC}}{km} = \frac{30 \frac{\% CO}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + \left(3 \frac{\% HC}{\% CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (21)$$

Protocolo de pruebas de potencia y par motor

La evaluación del rendimiento obtenido en el eje de salida a través del dinamómetro ya que evalúa a los estándares basados en la ISO 1585 y la ISO 3173, se sigue el siguiente protocolo de pruebas:

1. verificar que el diámetro de las ruedas sea igual o superior a rin 13, y que cumplan con la capacidad de peso establecida por el fabricante.
2. colocar el vehículo de prueba en los rodillos del dinamómetro visto en la figura 17.
3. verificar que el perfil del neumático esté libre de piedras en el labrado
4. descender el elevador y dejar apoyadas las ruedas sobre los rodillos
5. verificar la alineación del tren en donde se encuentra la transmisión con respecto a los rodillos del dinamómetro, haciendo girar las ruedas a una velocidad máxima de 20 km/h
6. asegurar el vehículo con cintas para evitar que este de salga de los rodillos; revisar la seguridad del área de prueba
7. en el software, se deben introducir los datos técnicos referentes al vehículo a ser probado se muestra parte de esta actividad en la figura 18.

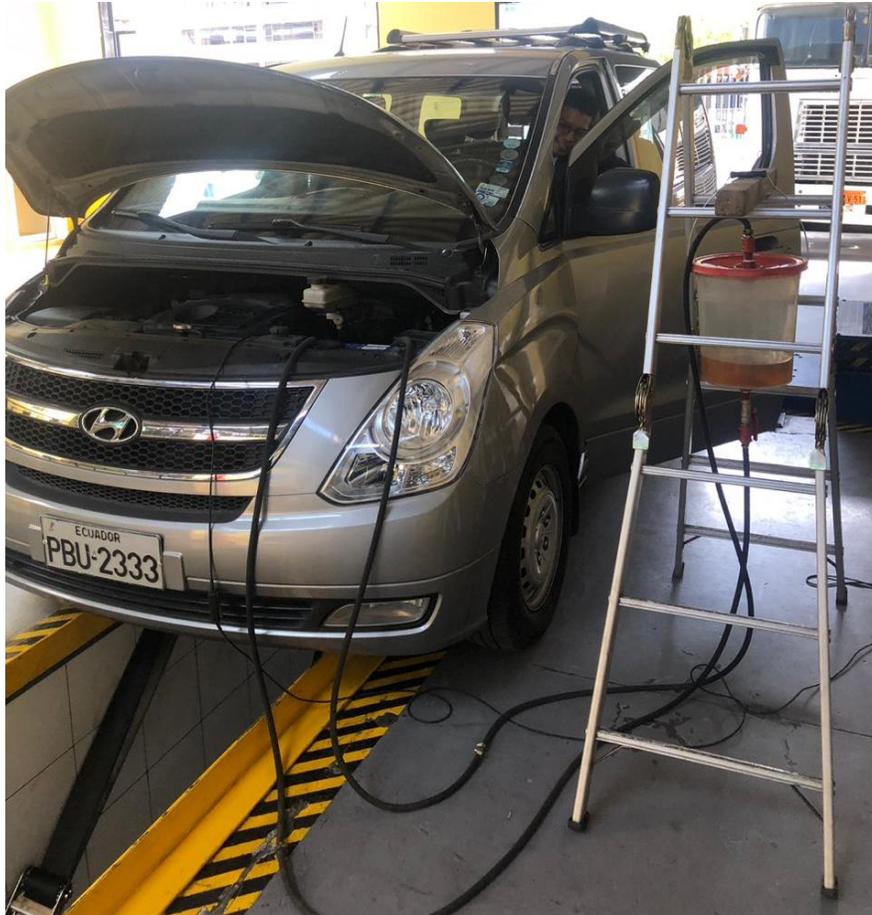


Figura 17. Ubicación del vehículo en el dinamómetro

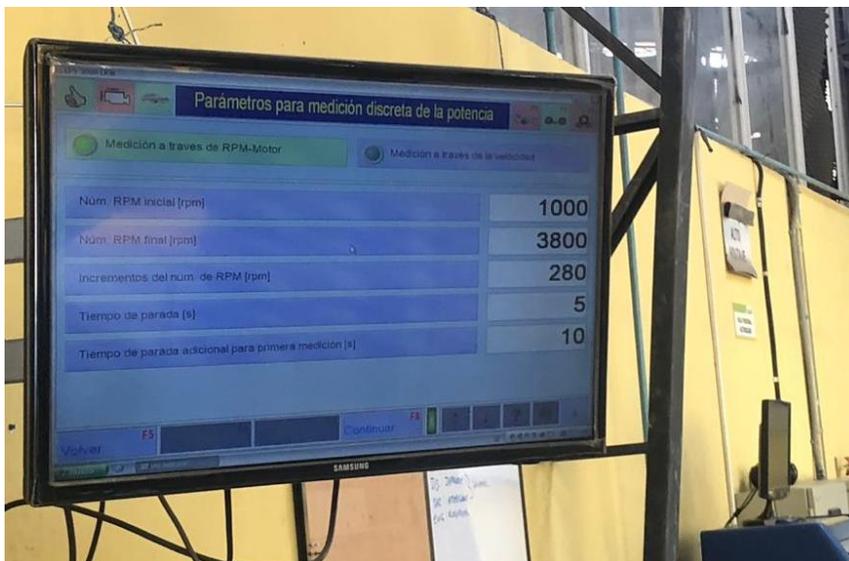


Figura 18. Datos de configuración en el software

8. comprobar la relación de cambio y de transmisión de la unidad, la cual debe ser en relación 1:1
9. asegúrese que la temperatura del motor es normal de funcionamiento, caso contrario debe pasar un periodo de calentamiento del motor para alcanzar dicha temperatura; poner en funcionamiento el ventilador de refrigeración del banco de pruebas
10. iniciar la prueba de medición; el conductor acelera el vehículo con el pedal a fondo en la marcha de prueba para alcanzar la velocidad deseada, llamada “corte de rpm” (4500 – 6000 rpm), proceso visto en la figura 19.

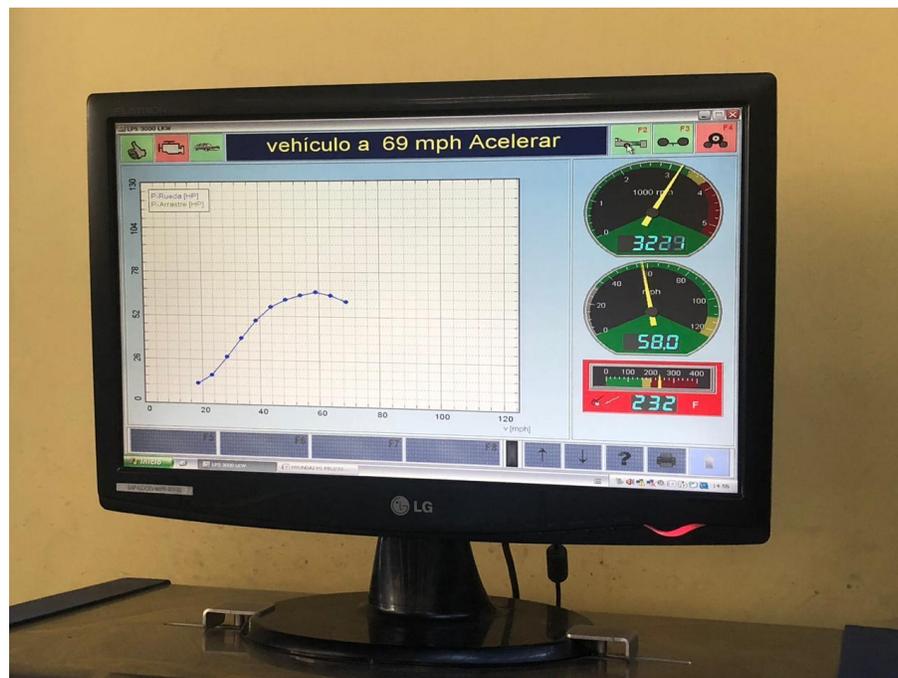


Figura 19. Evolución de la prueba

11. cuando se ha llegado al “corte de rpm”, el conductor pisa el embrague, dejando la marcha puesta. El banco de potencia desacelera hasta detenerse (Rocha y Zambrano, 2015).

Resultados

En este acápite se exponen los resultados de las pruebas en ruta para la obtención de las emisiones, factores de emisión, consumo de combustible, el par y la potencia del motor para lo cual se aplicó las ecuaciones detalladas en el método.

Los resultados de emisiones contaminantes de CO₂, CO, O₂ % vol., HC y NO_x en ppm, en relacionados en ascenso, descenso de carretera y tramo urbano para el vehículo en el ciclo combinado, para cada combustible, por lo tanto, se ejecuta el estudio con diésel premium como línea base, otro es de 90% diésel premium y mezclado con 10% de biodiesel de aceite quemado y finalmente las pruebas con 80% diésel premium y mezclado con 20% de biodiesel de aceite quemado, como se detalla a continuación.

Emisiones contaminantes en ascenso diésel.

Emisiones de CO en ascenso diésel.

El análisis de CO se aprecia en la figura 20, para este caso el diésel premium oscila entre 0.01 y 0.18 % vol., siendo irregular en base a la pendiente positiva y las irregulares cargas que exige la misma.

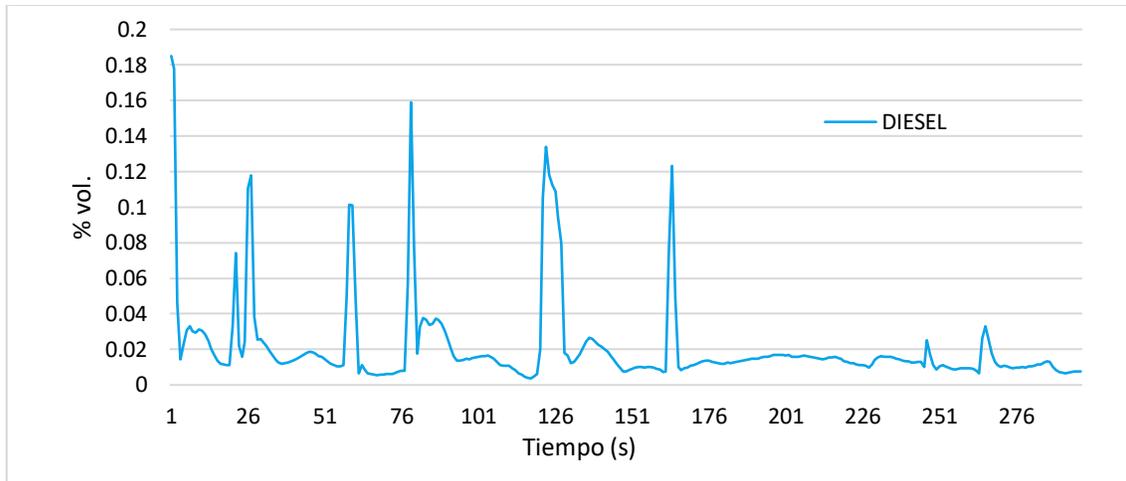


Figura 20. CO en ascenso diésel.

Emisiones de HC en ascenso diésel.

El estudio de hidrocarburos es importante para el análisis dado en ppm, por tal razón en la figura 21, se muestra la tendencia en ascenso de este contaminante, dado por las cargas desarrolladas por la pendiente positiva y la operación normal del vehículo.

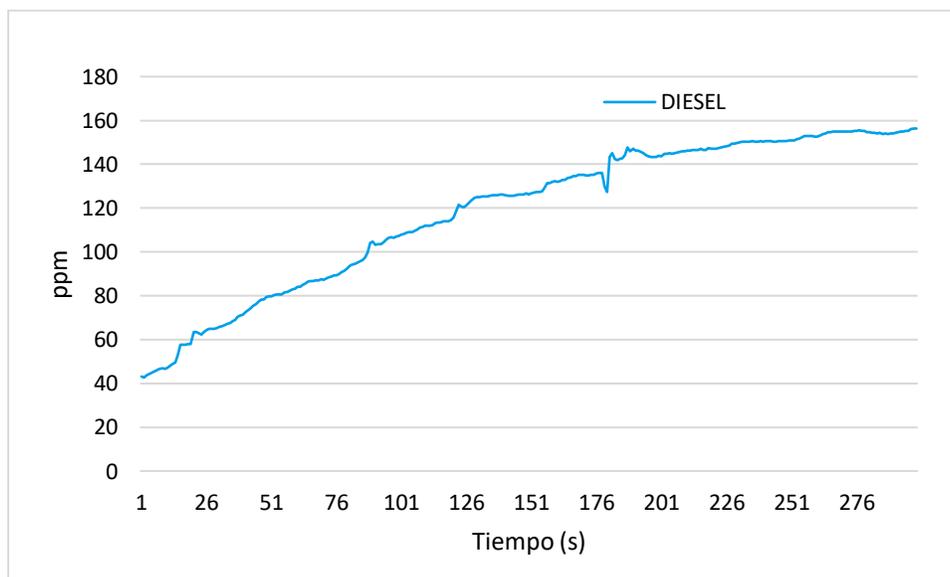


Figura 21. Hidrocarburos en ascenso con diésel.

Emisiones de NOx.

En el caso de los óxidos de nitrógeno (NOx), las reacciones en emisiones contaminantes son oscilantes en el rango de 150 a 410 ppm, como se puede observar en la figura 22.

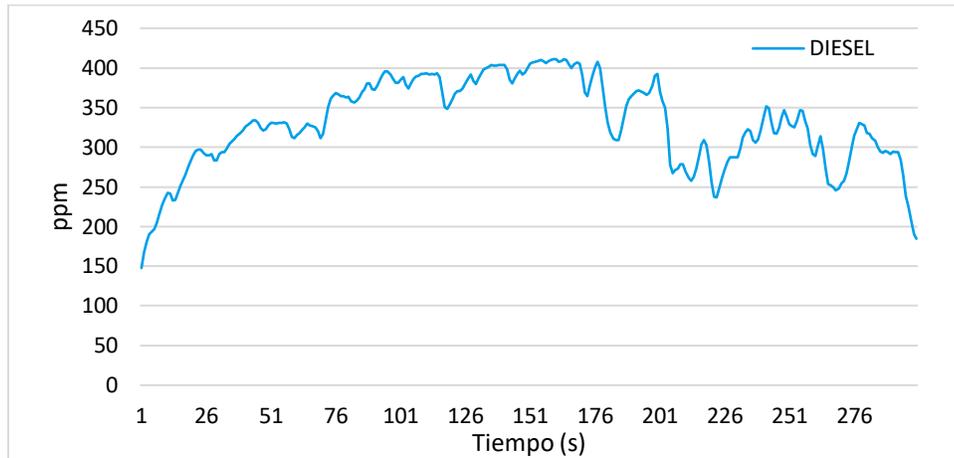


Figura 22. Emisiones NOx combustible diésel

Emisiones de CO2.

En la figura 23, se evidencia el caso de diésel donde presenta el trabajo irregular de 2 a 12 % vol., en el tramo de ascenso de la ruta de carretera.

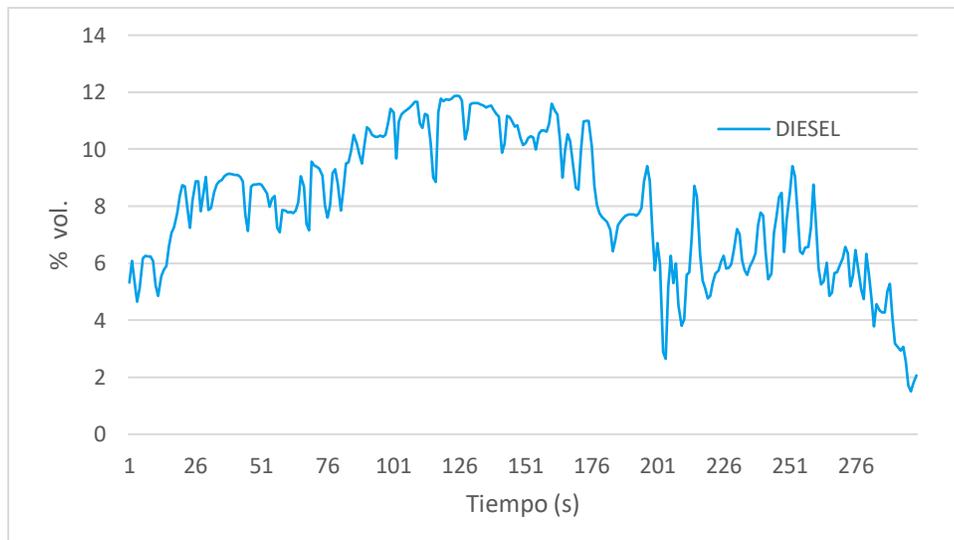


Figura 23. CO2 en Ascenso combustible diésel

Emisiones de O₂.

En la figura 24, se presenta el oxígeno, para el caso del diésel se observa que los resultados oscilan entre 2 a 16%, en función del ascenso de la ruta de carretera.

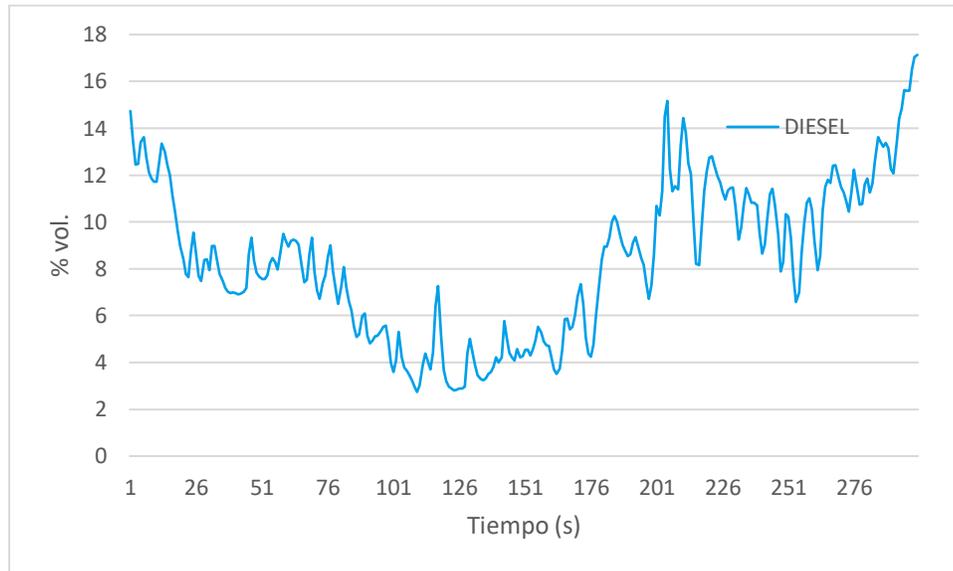


Figura 24. Emisión de oxígeno en ascenso diésel.

Emisiones contaminantes en descenso diésel ruta de carretera.

Los resultados de emisiones contaminantes para el tramo de descenso en carretera que contempla la ruta combinada, se presenta las pruebas con diésel como combustible.

Emisiones contaminantes CO descenso.

El análisis de monóxido de carbono CO, se presenta en la figura 25, esta indica una regularidad en gran parte del descenso de la ruta de carretera, con pocos picos drásticos en la toma de datos en este tramo de viaje.

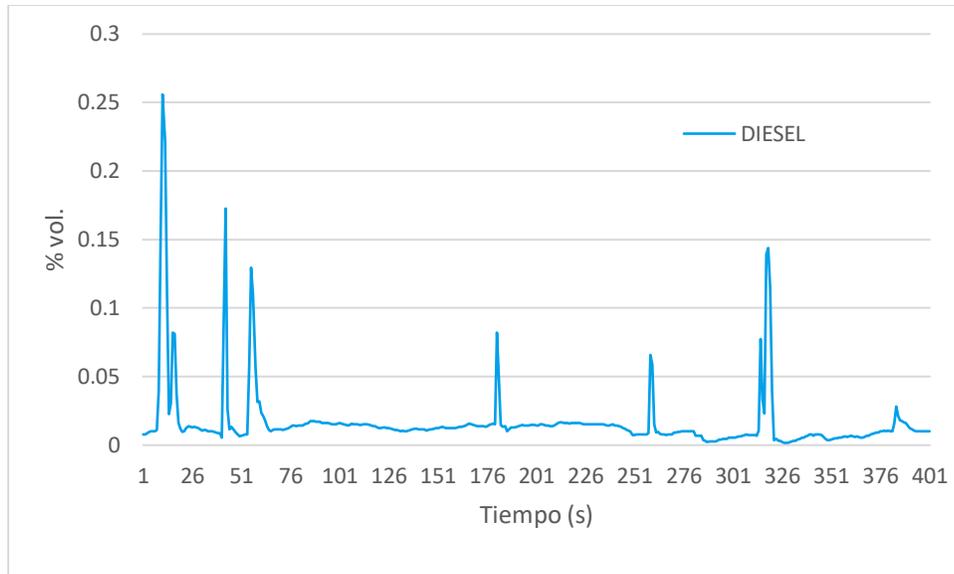


Figura 25. Emisión CO en descenso de carretera combustible diésel.

Emisiones contaminantes HC descenso.

Los hidrocarburos HC se analizan en partículas por millón ppm, para este caso se aprecia un descenso en el presente descenso, pero una fracción de la ruta experimento un valor de cero, como se expone en la figura 26.

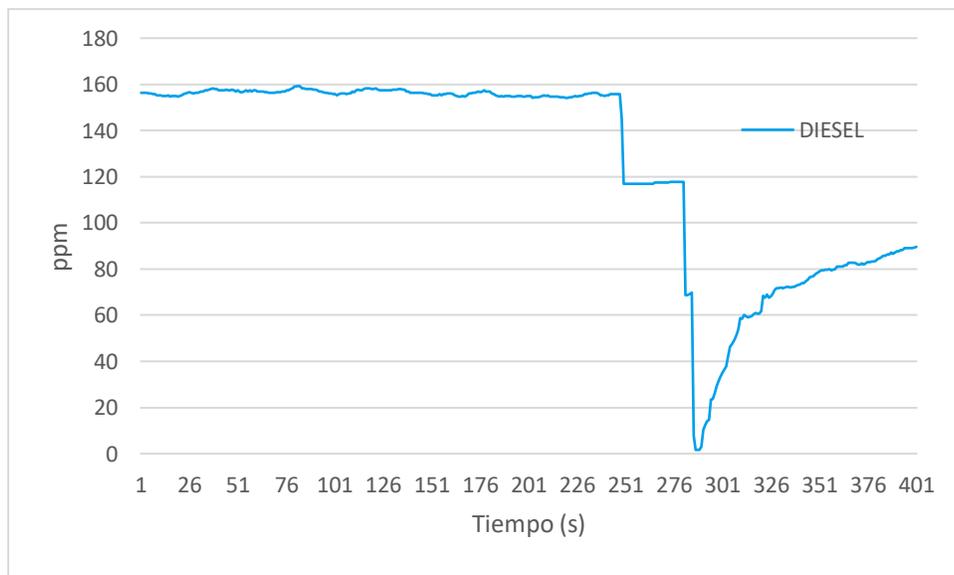


Figura 26. HC en descenso de carretera diésel.

Emisiones contaminantes NOx descenso.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, se expone el porcentaje de Nox en la ruta de descenso y produce una carga de emisión variable desde 10 a 310 ppm, en la figura 27 se visualiza su variabilidad.

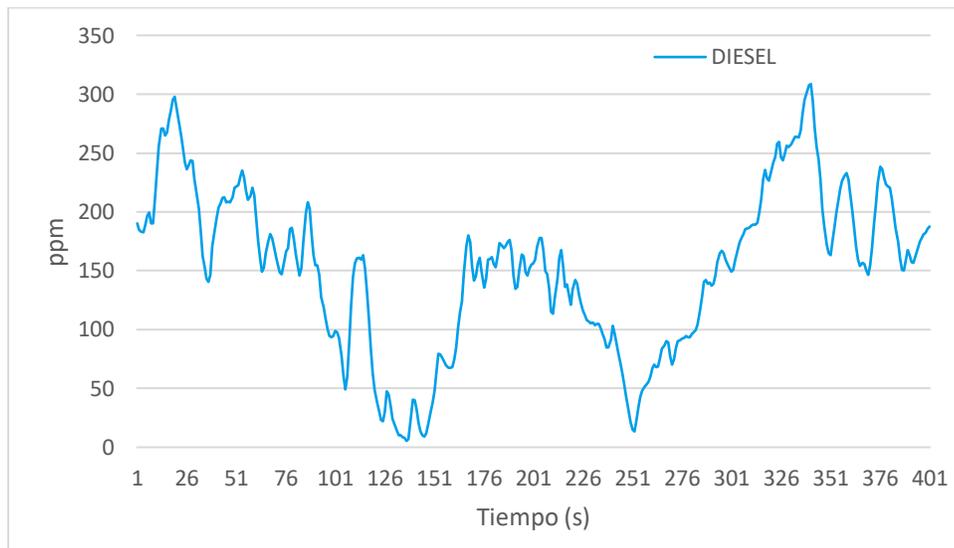


Figura 27. Emisiones de NOx en descenso de carretera diésel.

Emisiones contaminantes CO₂ descenso.

En el análisis de descenso en carretera, se obtiene los resultados para este caso se visualiza los picos desde un valor de 0 a 9 % vol., con su característica variabilidad, todo esto en la figura 28.

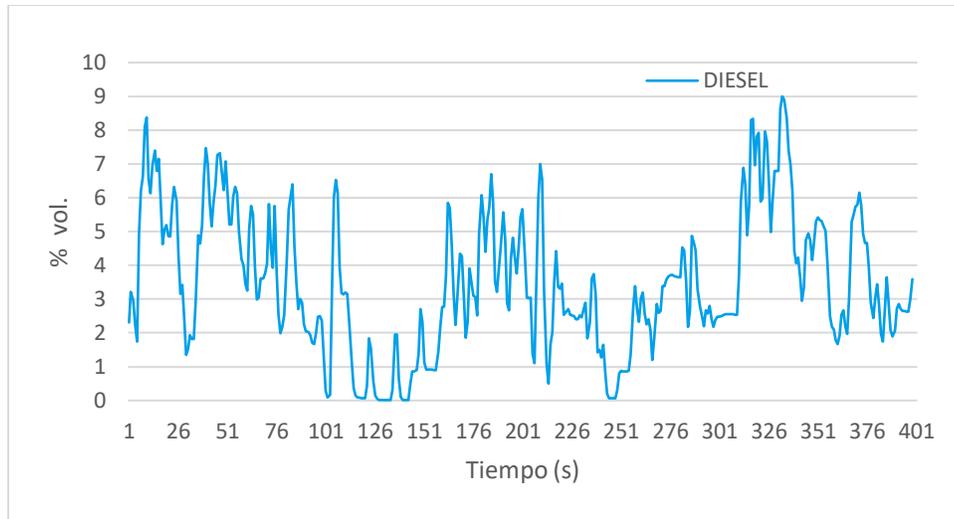


Figura 28. CO₂ en descenso de carretera diésel.

Emisiones contaminantes O₂ descenso.

Las emisiones de oxígeno O₂, presenta los picos por la variabilidad de corrección de la muestra estequiométrica, su rango de trabajo está entre 8 y 20 % vol., como se expone en la figura 29.

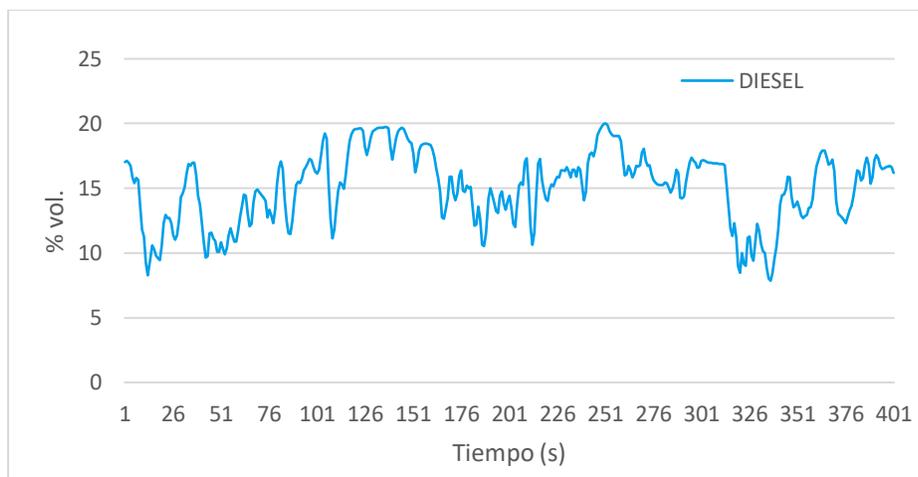


Figura 29. oxígeno en descenso de carretera diésel.

Emisiones contaminantes en urbano diésel.

Los resultados de emisiones contaminantes con el diésel para el tramo urbano en el Distrito Metropolitano de Quito sobre los 2800 msnm, en promedio se evaluó un periodo de 1800s

Emisiones contaminantes CO urbano.

El análisis de monóxido de carbono CO, se expone los resultados al utilizar combustibles diésel donde es regular en promedio de 0.01 % vol., en mayor tiempo, en relación a los picos presentados son esporádicos en el ciclo urbano, como se muestra en la figura 30.

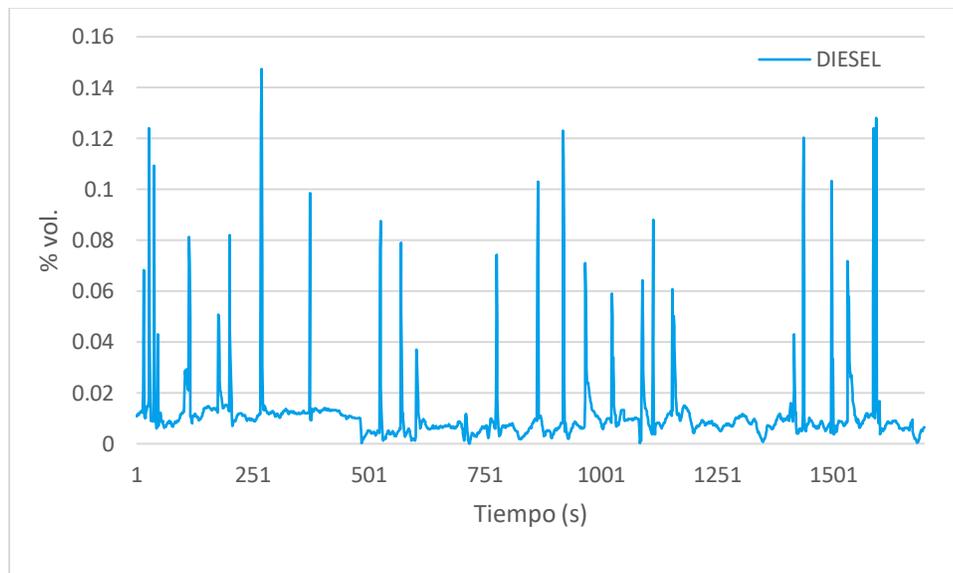


Figura 30. CO en tramo urbano diésel.

Emisiones contaminantes HC urbano.

Los hidrocarburos HC para este caso de estudio se produce la mayor cantidad de hidrocarburos en gran parte de la ruta entre los valores de 60 y 90 ppm, como se aprecia en la figura 31.

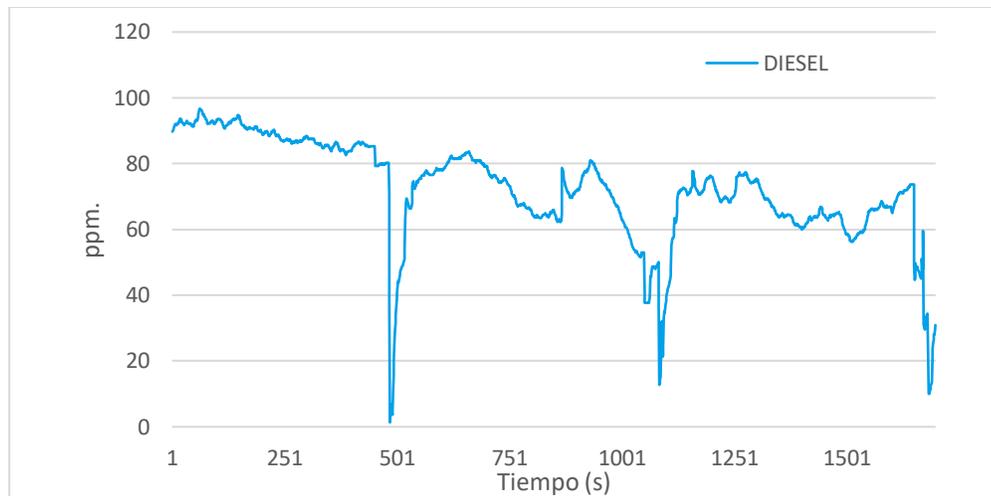


Figura 31. HC en tramo urbano diésel.

Emisiones contaminantes NO_x urbano.

Las emisiones de óxido de nitrógeno denotan excesiva variabilidad provocada por la ruta urbana, su variabilidad fluctúa entre 30 y 250 ppm, como se muestra en la figura 32.

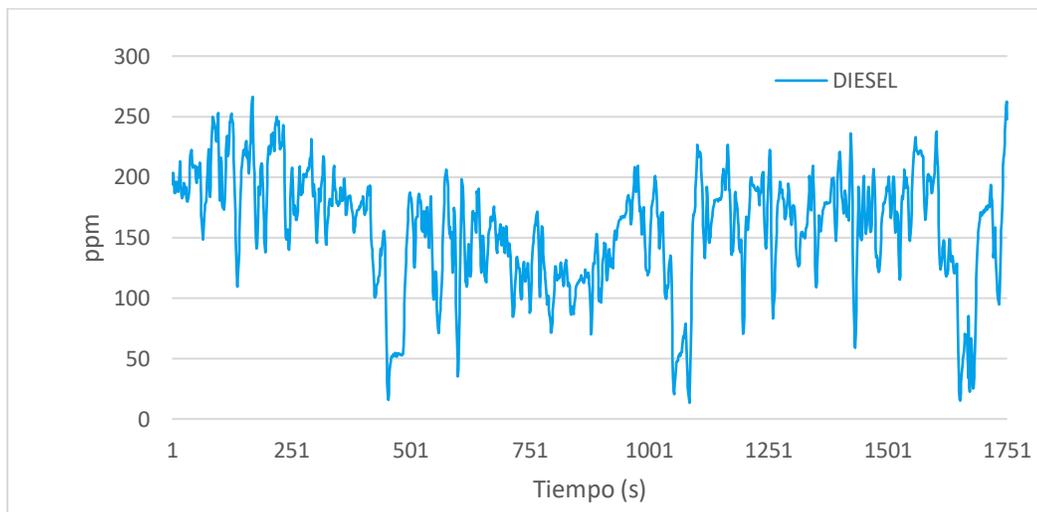


Figura 32. NO_x en tramo urbano diésel.

Emisiones contaminantes CO₂ urbano.

En el análisis del tramo urbano, se obtiene los picos que presenta son frecuentes y se evidencia su variabilidad hecho dado por la ruta, su trabaja esta entre un valor de 0.2 a 8.4 % vol., como se aprecia en la figura 33.

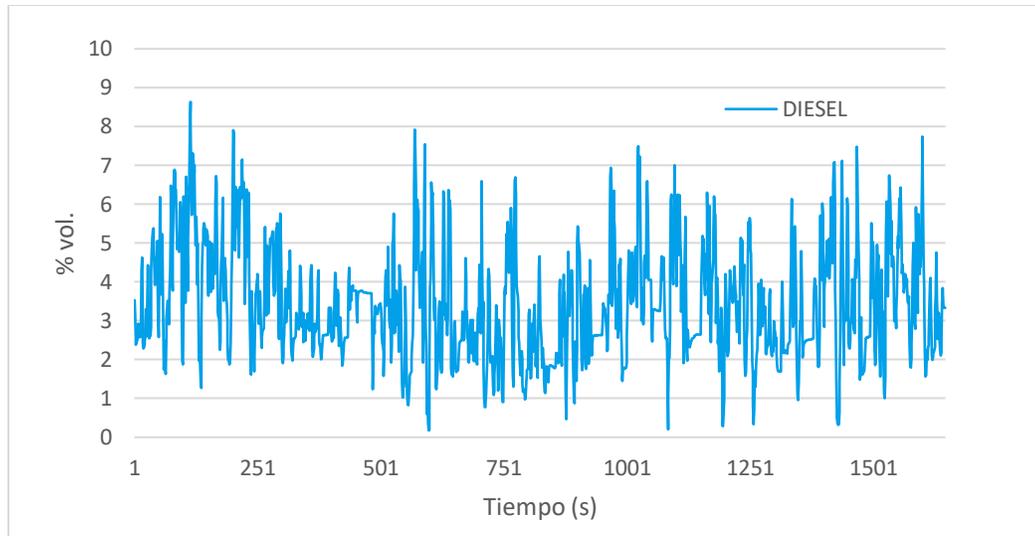


Figura 33. CO₂ en tramo urbano diésel.

Emisiones contaminantes O₂ urbano.

Las emisiones de oxígeno, caracterizado por su mayor emisión de oxígeno que se aprecia en los picos y porcentajes que van desde 8 hasta 21 % vol., como se expone en la figura 34.

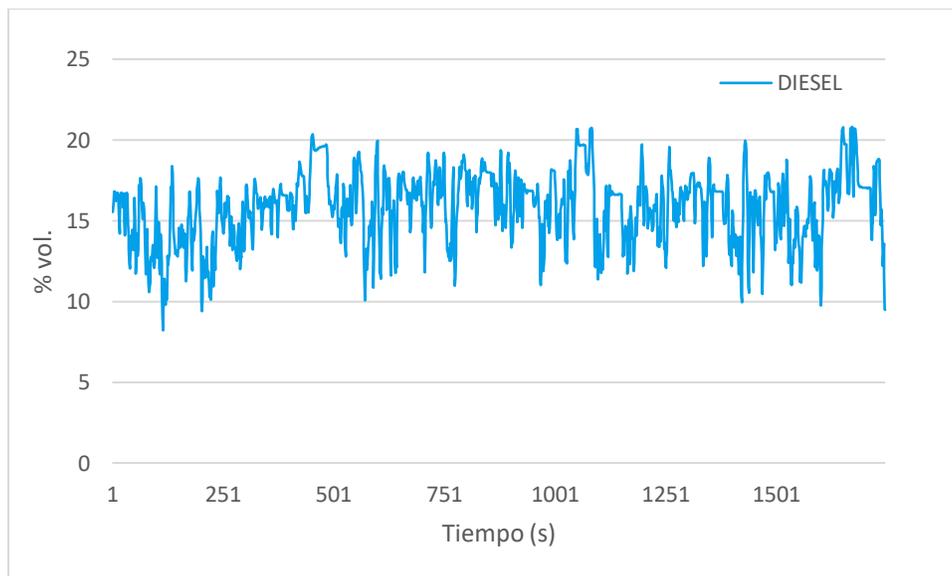


Figura 34. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes para diésel y biodiésel en sus porcentajes.**Emisiones de CO ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.**

El análisis de monóxido de carbono CO, se presenta los resultados para B10 y B20 respectivamente, se muestra menos emisión para B10 con picos menores de contaminantes en comparación con B20, como se expone en la figura 35.

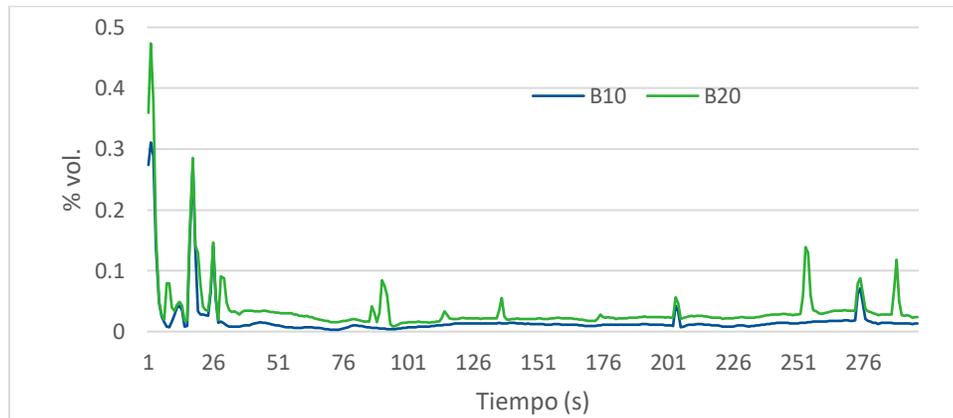


Figura 35. CO en ascenso al diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Emisiones HC ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Los hidrocarburos HC para este caso el estudio se divide en dos partes. La primera B10 produce la menor cantidad de hidrocarburos en relación a su similar, como se puede observar en la figura 36.

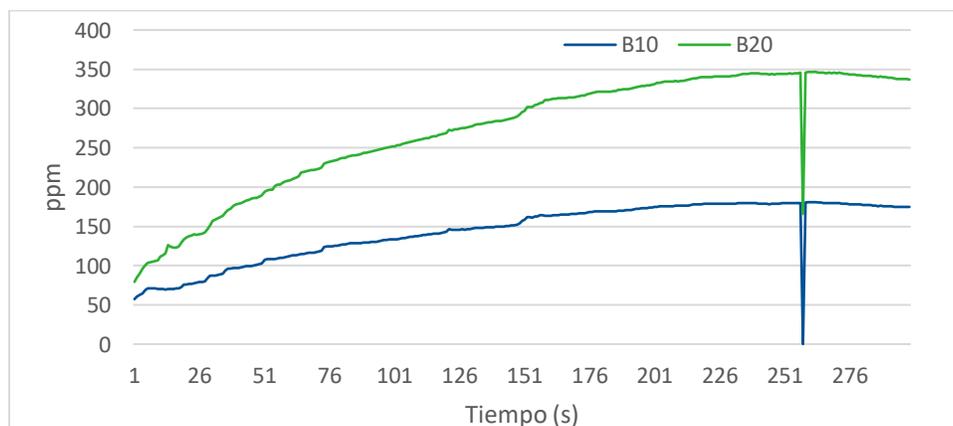


Figura 36. HC en ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Emisiones NOx ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, la primera B10 emite menor cantidad de contaminación en relación al B20 con sus picos característicos, como se expone en la figura 37.

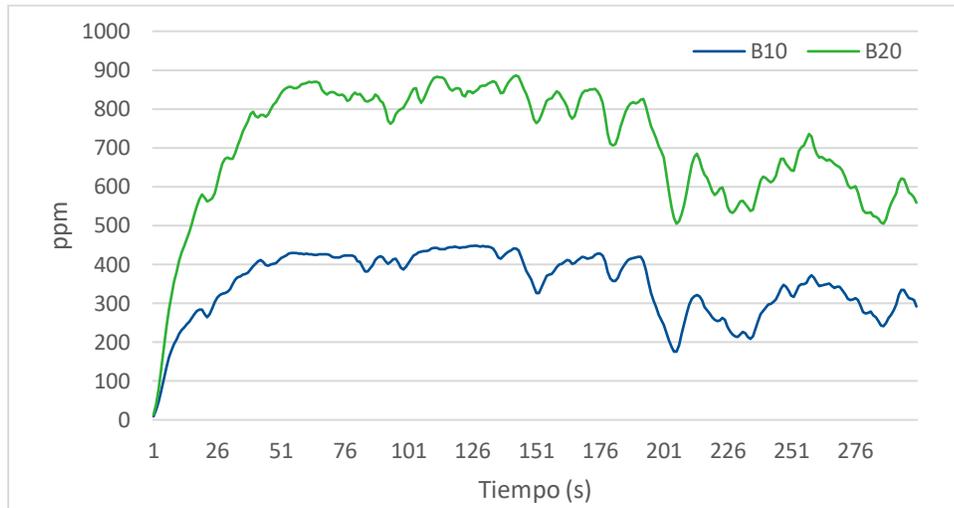


Figura 37. NOx ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Emisiones CO₂ ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

En el análisis del ascenso en el vehículo, se obtiene al B10 con mejor comportamiento ya que los picos que presenta son menores y se evidencia menor emisión de gases contaminantes respecto al B20, como se aprecia en la figura 38.

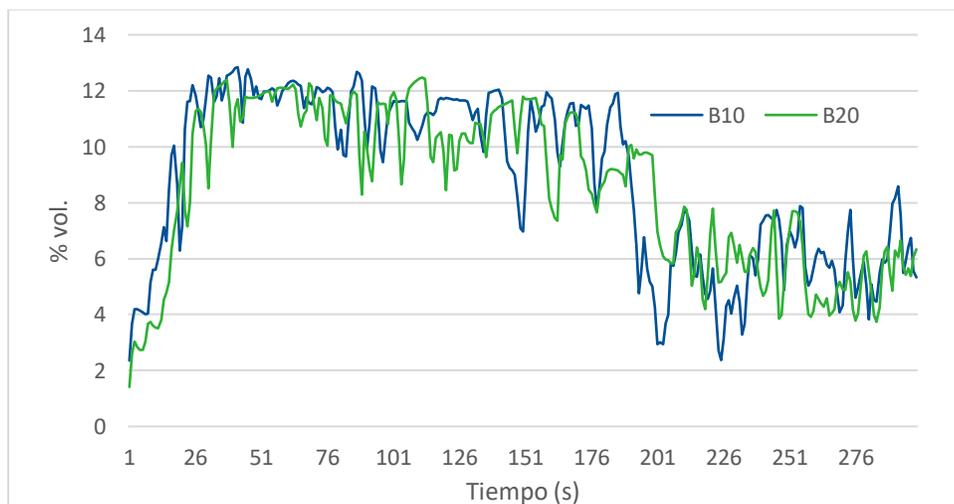


Figura 38. CO₂ ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Emisiones contaminantes O₂ ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Las emisiones de oxígeno se aprecian que el B20 produce mayor emisión ya que los picos y porcentajes en relación al B10, como se muestra en la figura 39.

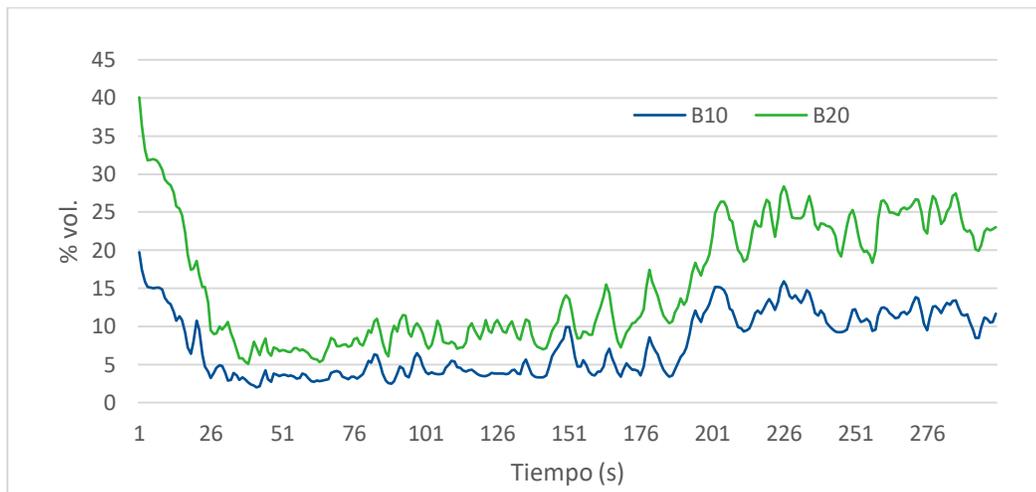


Figura 39. Emisión de O₂ ascenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

Emisiones contaminantes descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Los resultados de emisiones contaminantes para el tramo de carretera en descenso, en este caso los resultados son mixtos.

Emisiones CO descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

El análisis de monóxido de carbono CO, se presenta el B10 se aprecia un mejor comportamiento en la ruta, con picos menores de emisión de contaminantes respecto al B20, como se expone en la figura 40.

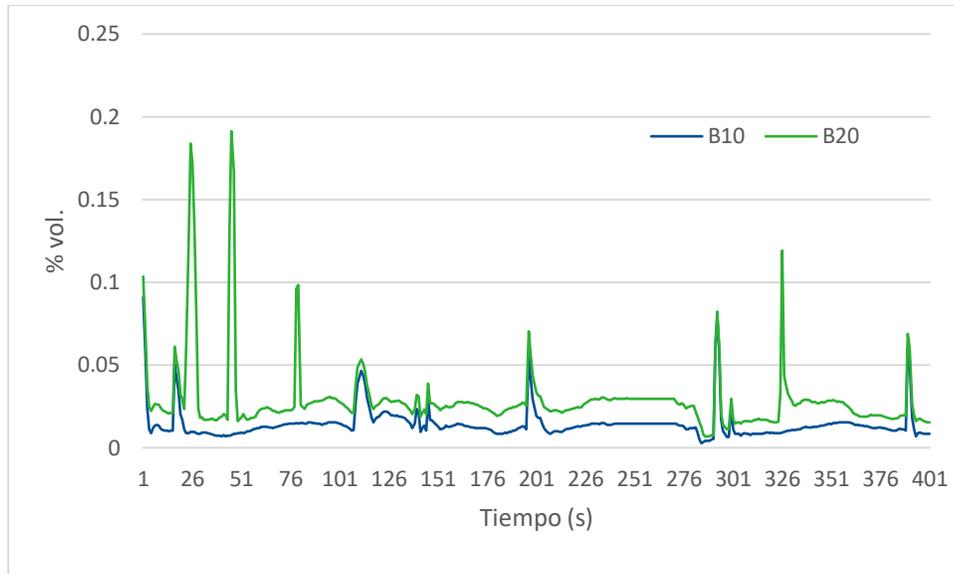


Figura 40. CO descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones HC descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Los hidrocarburos HC se analizan donde el B20 produce la mayor cantidad de hidrocarburos en relación a su similar, como se muestra en la figura 41.

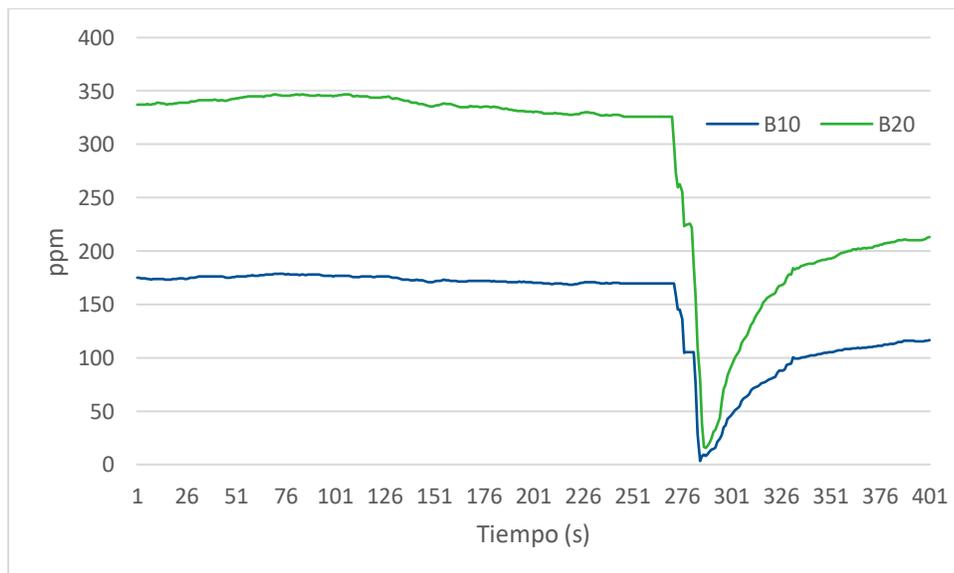


Figura 41. HC descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones NO_x descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, donde B10 produce menor emisión de contaminantes en relación a los picos desarrollados y la frecuencia de variación respecto al B20, como se expone en la figura 42.

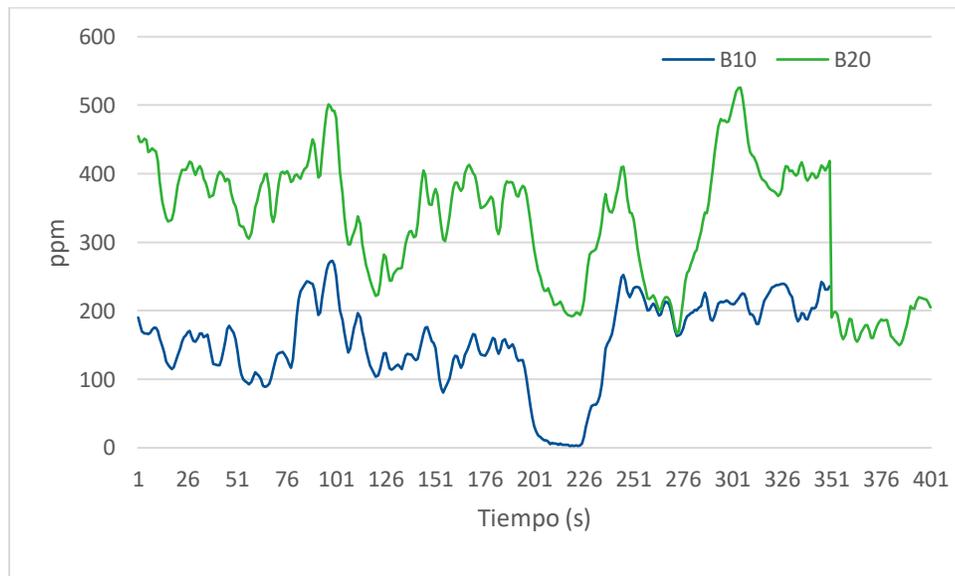


Figura 42. NO_x descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones CO₂ descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes.

En el análisis del descenso en el vehículo de pruebas se muestra la variabilidad de las emisiones con los dos combustibles suponiendo un trabajo regular del motor, visto en la figura 43.

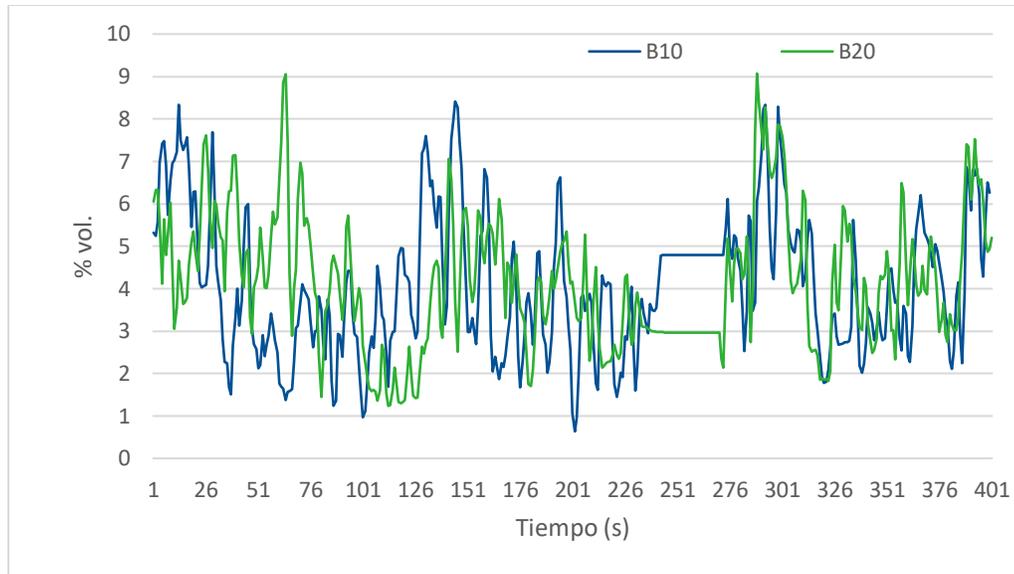


Figura 43. CO₂ descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones O₂ descenso en carretera para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Las emisiones de oxígeno O₂ se producen de forma similar para los dos combustibles B10 y B20 con sus picos y frecuencia de emisión, como se expone en la figura 44.

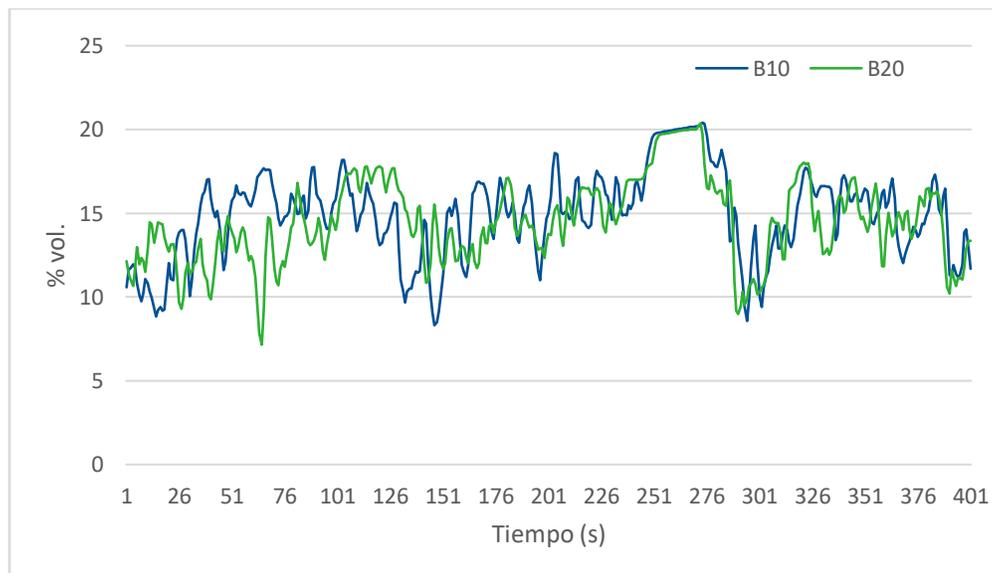


Figura 44. Emisiones de O₂ en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Para las pruebas en tramo urbano en el Distrito Metropolitano de Quito, se aplicó un solo recorrido y se utilizan dos propuestas de combustibles alternativos.

Emisiones contaminantes CO en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

El análisis de monóxido de carbono CO, en el presente tramo las emisiones con B10 fueron menores en promedio respecto al B20 aplicados, como se expone en la figura 45.

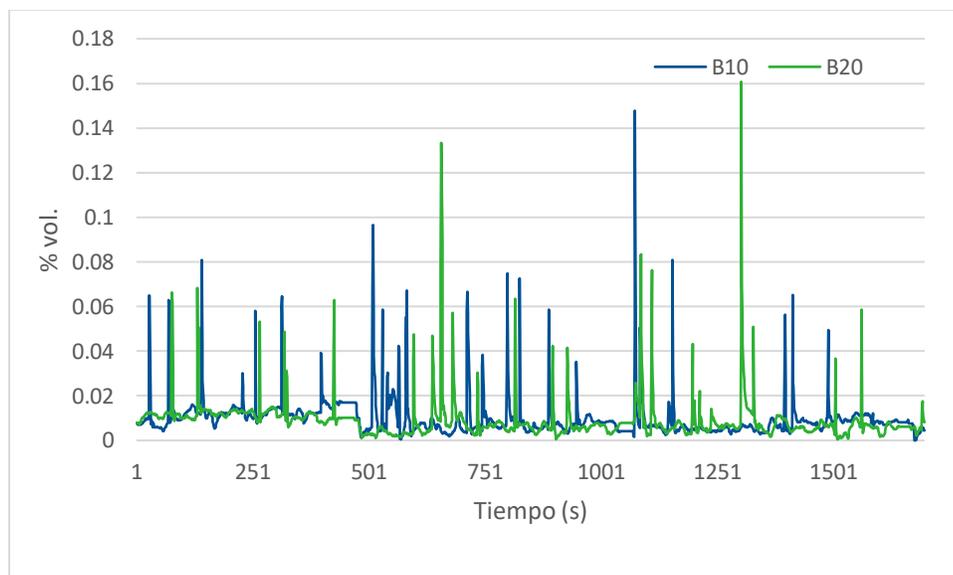


Figura 45. Emisiones de CO en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones HC en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Los hidrocarburos HC se analizan y el combustible B10 generan menor cantidad de hidrocarburos, como se muestra en la figura 46 esto con respecto al B20.

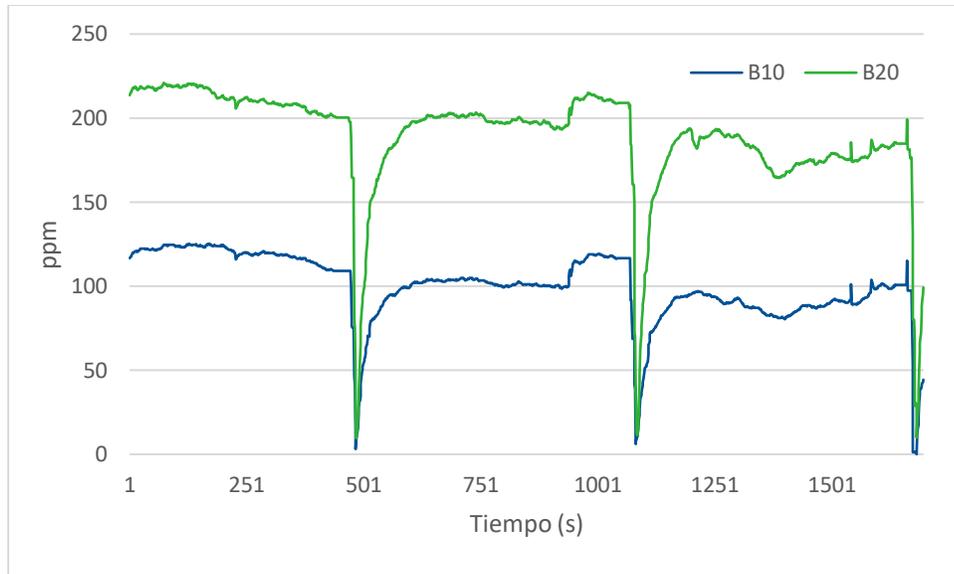


Figura 46. HC en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones contaminantes NOx en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, el combustible B10 emite menor cantidad de contaminación en relación al B20 esto en relación a los picos desarrollados, como se expone en la figura 47.

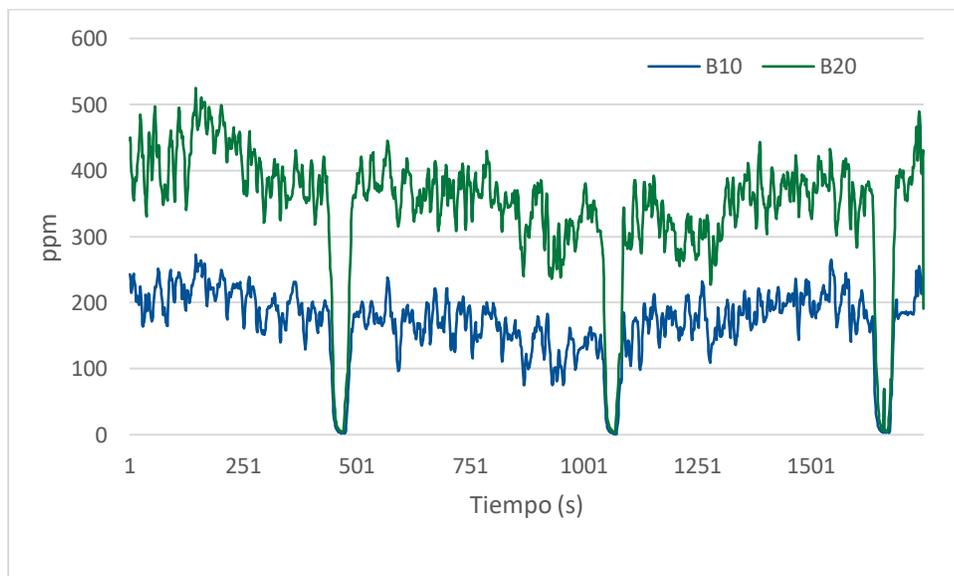


Figura 47. NOx en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones CO₂ en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

En el análisis del tramo urbano en el vehículo se aprecia una frecuente entrega de contaminantes caracterizado por la ruta en valores inferiores de 7 % vol., como se expone en la figura 48.

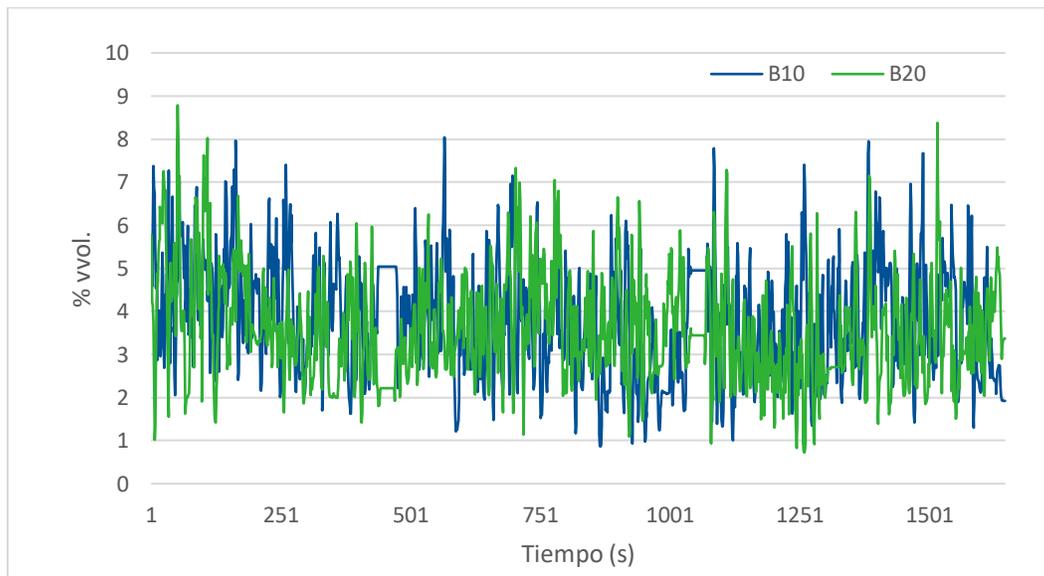


Figura 48. Emisiones de CO₂ en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Emisiones contaminantes O₂ en ciclo urbano para diésel y biodiésel en sus porcentajes

Las emisiones de oxígeno O₂, varían los dos combustibles en promedio de 15% vol., como se expone en la figura 49.

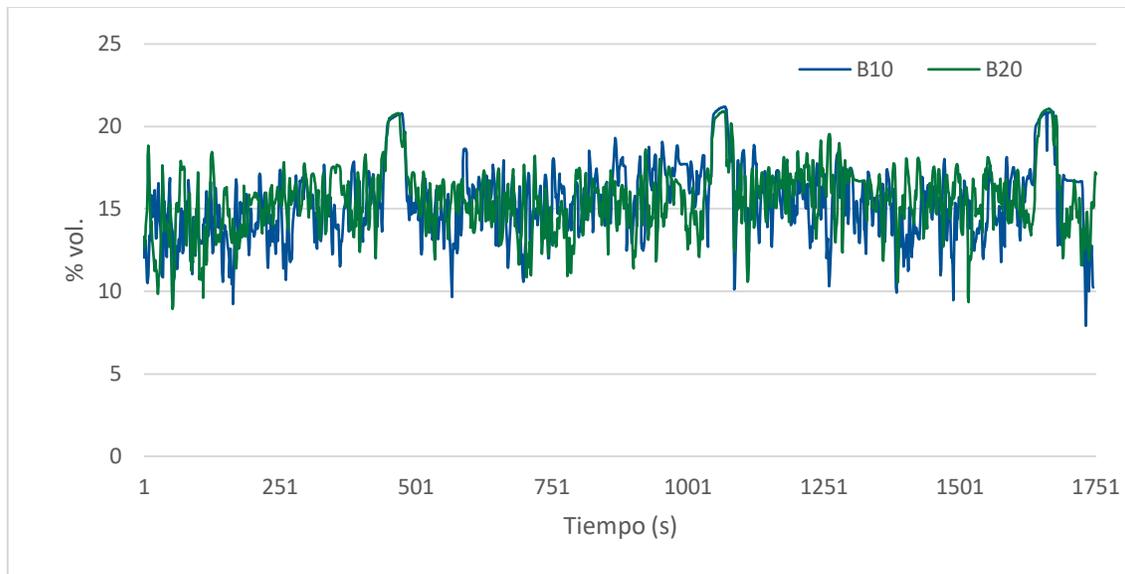


Figura 49. Emisiones de O₂ en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.

Resultados de eficiencia del motor

A continuación, se presenta los datos de potencia y par motor capturados por el dinamómetro, las pruebas se realizaron en la ciudad de Quito a 2800 msnm, los resultados obtenidos son parámetros característicos del motor de la furgoneta con diésel premium y las distintas mezclas de biodiésel de aceite quemado en porciones de 10% y 20%.

Se presenta un resumen de datos con los promedios obtenidos, así como graficas de los mismos valores para cada uno de los combustibles.

Resultados de potencia con combustible diésel 100%.

En la figura 50 se presenta la potencia obtenida de las tres pruebas realizadas en la furgoneta con combustible diésel 100%, donde es muy notorio que la potencia máxima de las tres pruebas se encuentra entre 3000 y 3500 rpm. Al encontrar que la potencia máxima se encuentra a los 3500 rpm en el caso del vehículo se toman los datos de las tres pruebas y se realiza un promedio tale datos se encuentran en la tabla 15.

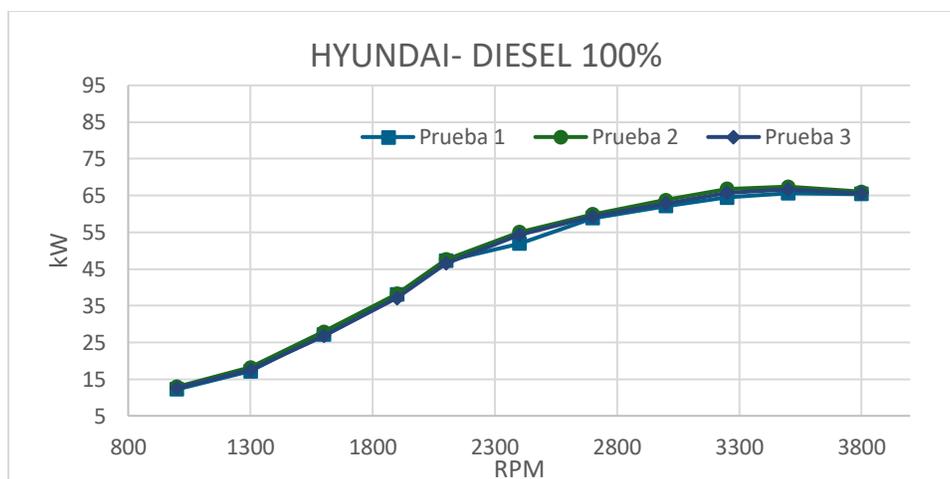


Figura 50. Gráfica de potencia de 3 pruebas realizadas con diésel 100% en el vehículo

Tabla 15

Resultados de las pruebas de potencia en vehículo Hyundai, con combustible diésel 100%

Prueba	Potencia (kW) @ 3500 rpm
Prueba 1	65.62
Prueba 2	67.42
Prueba 3	66.67
Promedio	66.58

Potencia del motor con combustible B10.

La figura 51 muestra la gráfica de las tres pruebas de potencia realizadas en la furgoneta con combustible B10, donde se evidencia que la máxima potencia se encuentra entre 3500 y 3800 rpm. La tabla 16 presenta los datos de las tres pruebas de potencia realizadas, se tomó los datos de máxima potencia a 3800 rpm.

Tabla 16

Resultados de las pruebas de potencia con combustible B10.

Prueba	Potencia (kW) @ 3800 rpm
Prueba 1	69.3
Prueba 2	68.175
Prueba 3	72.525
Prueba 4	67.65
Promedio	69.41

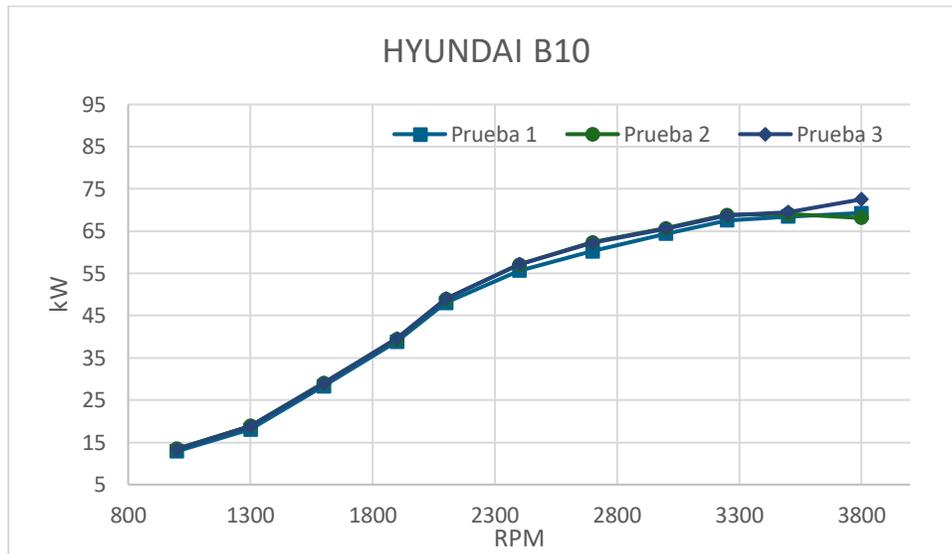


Figura 51. La curva de potencia de 3 pruebas realizadas con B10 en el vehículo

Potencia con combustible B20.

La figura 52 muestra la gráfica de las tres pruebas de potencia realizadas en el vehículo con el combustible B20.

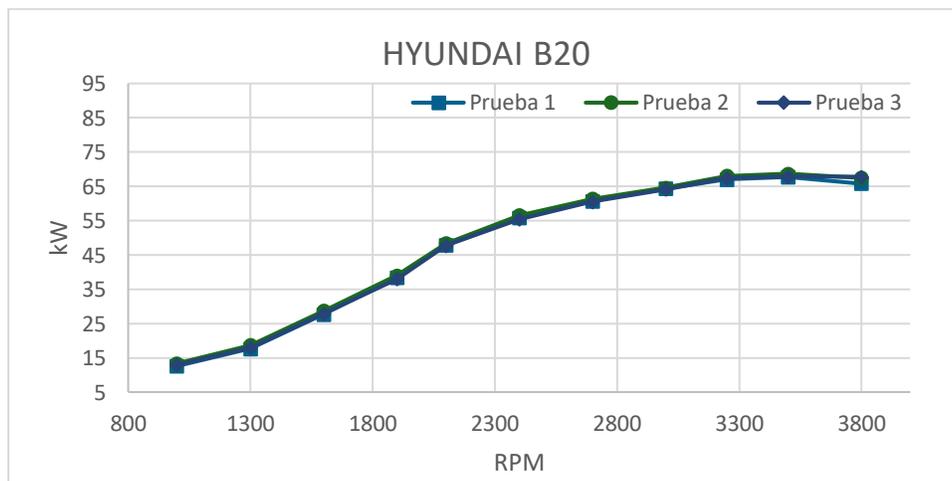


Figura 52. Las curvas de potencia de 3 pruebas realizadas con B20 en el vehículo

Una vez realizada una gráfica de potencia de la furgoneta con combustible B20 se toma los datos

los datos de potencia más altos obtenidos a 3500 rpm y se realizó un promedio de los mismos los cuales se encuentran en la tabla 17.

Tabla 17
Resultados de las pruebas de potencia en furgoneta con combustible B20.

Prueba	Potencia (kW) @ 3500 rpm
Prueba 1	67.73
Prueba 2	68.7
Prueba 3	67.87
Promedio	68.10

Resultados de par motor

De la misma manera se realizaron tres pruebas de torque para cada combustible, las cuales se representarán en gráficas y se tomará los datos de torque máximo.

Par motor con combustible Diésel 100%.

La figura 53 muestra las gráficas de torque de las tres pruebas realizadas en la furgoneta con el combustible Diésel al 100%.

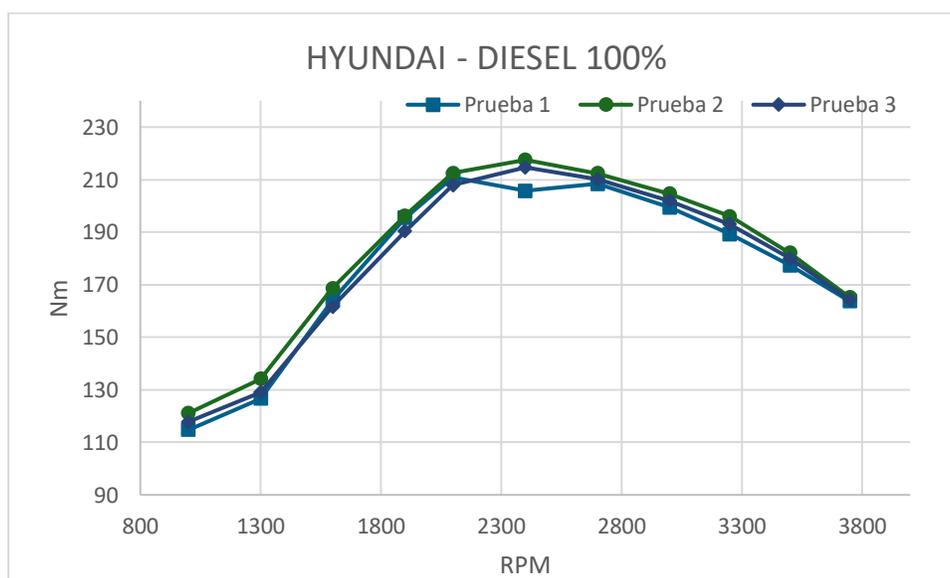


Figura 53. Las curvas de torque de 3 pruebas realizadas con diésel 100% en el vehículo

Tabla 18 contiene las tres pruebas de torque máximo a 2400 rpm respectivamente para la

furgoneta con combustible diésel 100%.

Tabla 18
Resultados de las pruebas de torque en vehículo con combustible diésel 100%

Prueba	Torque (Nm) @ 2400 rpm
Prueba 1	205.7
Prueba 2	217.50
Prueba 3	214.65
Promedio	212.62

Par motor con combustible B10.

Las pruebas realizadas con combustible B10 en la furgoneta ayudó a generar gráficas de torque las cuales se presentan en la figura 54.

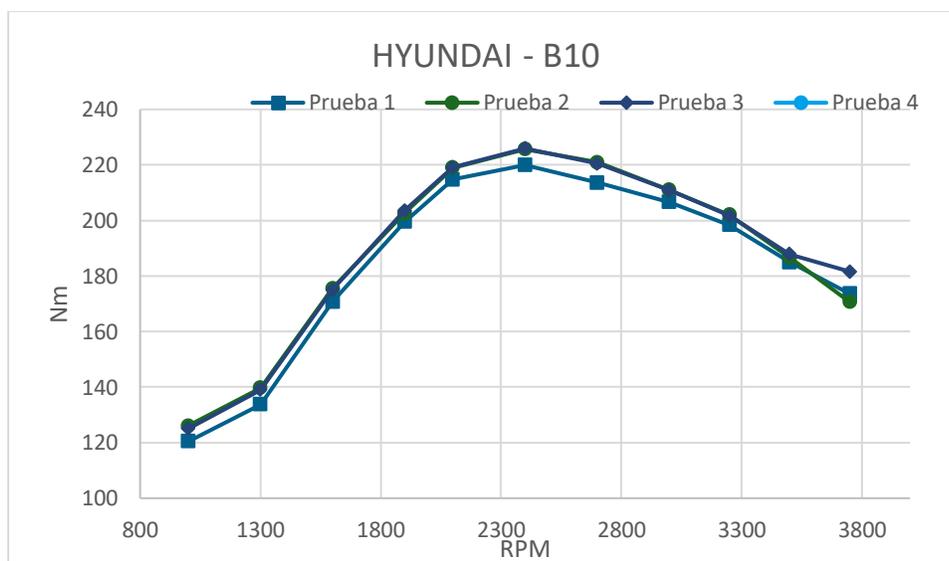


Figura 54. El torque de 3 pruebas realizadas con B10 en el vehículo.

Los resultados máximos de torque se obtuvieron a 2400 rpm, los cuales están mostrados en la tabla 19 con su respectivo promedio.

Tabla 19
Resultados de las pruebas de torque en vehículo con combustible B10.

Prueba	Torque (Nm) @ 2400 rpm
Prueba 1	219.94
Prueba 2	225.63

Prueba 3	225.90
Prueba 4	223.46
Promedio	223.74

Par motor con combustible B20.

Por último, se muestra en la figura 55 las gráficas de las últimas tres pruebas las cuales se realizaron con combustible B20.

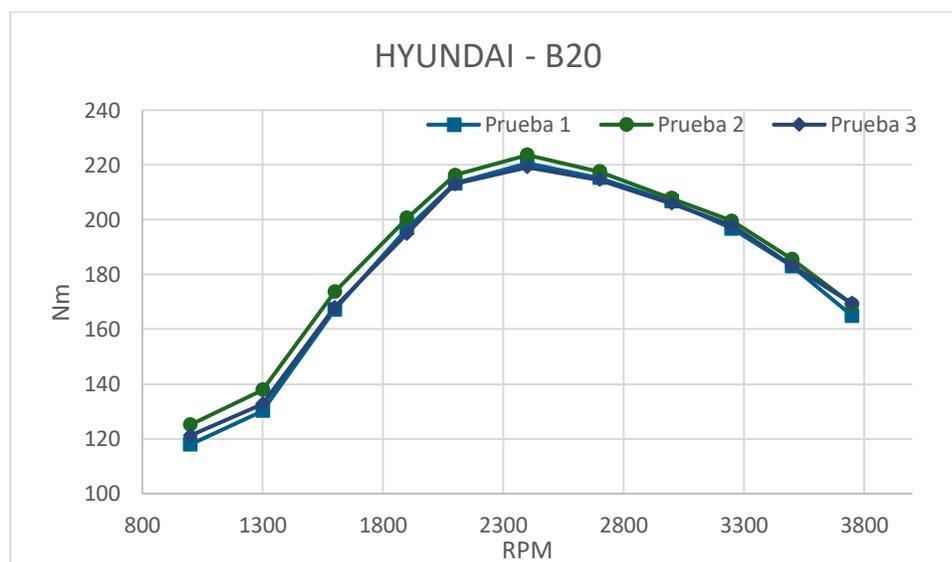


Figura 55. El torque de 3 pruebas realizadas con B20 en el vehículo

La tabla 20 muestra el torque máximo obtenido en cada una de las pruebas realizadas con combustible B20 y un promedio de las mismas.

Tabla 20
Resultados de las pruebas de torque en furgoneta, con combustible B20.

Prueba	Torque (Nm) @ 2400 rpm
Prueba 1	220.62
Prueba 2	223.60
Prueba 3	219.12
Promedio	221.12

Índice de consumo de combustible

En la tabla 21, se muestra los datos de índice de consumo de combustible en kilómetro /litros de recorrido. Para lo cual se evidencia que el mayor consumo de combustible por kilómetro recorrido es dado por el diésel comercial en el estudio.

Entre los factores principales que son características de la ruta escogida, se encuentran el tráfico, el clima, temperatura ambiente, etc.

Tabla 21
Resultados de las pruebas de consumo en vehículo Hyundai

HYUNDAI					
CONSUMO (km/L)					
	Prueba1	Prueba2	Prueba3	Prueba4	Promedio
Diesel 100%	6,88	6,708	7,188	7,318	7,02
B10	7	6,708	6,765	7,061	6,88
B20	6,653	6,708	7,093	7,352	6,95

Discusión de Resultados

En el presente acápite se expone la discusión de resultados obtenidos en relación a los factores de contaminación que son CO, HC y NO_x después del análisis de las ecuaciones referidas y su comparación en este acápite, también se realizó el análisis del par motor, potencia y consumo de combustible de la furgoneta de prueba con mezclas de diésel premium y dos propuestas con porcentajes de éster de aceite quemado (B10 y B20)

Factores de contaminación en vehículo

Para este caso se presentan los resultados de factores de emisión en ruta combinada total Frey, Delavarrafiee, & Singh (2014)

Factores de emisión para monóxido de carbono.

En la figura 56 se muestran los resultados de factores de emisión para monóxido de carbono, donde se evidencia que los máximos valores están dados con combustible diésel, Agudelo, Bedoya y Agudelo (2005) dice las emisiones específicas de CO disminuyen entre 3 y 14% al usar B5 respectivamente respecto al diesel corriente, a bajos grados de carga.

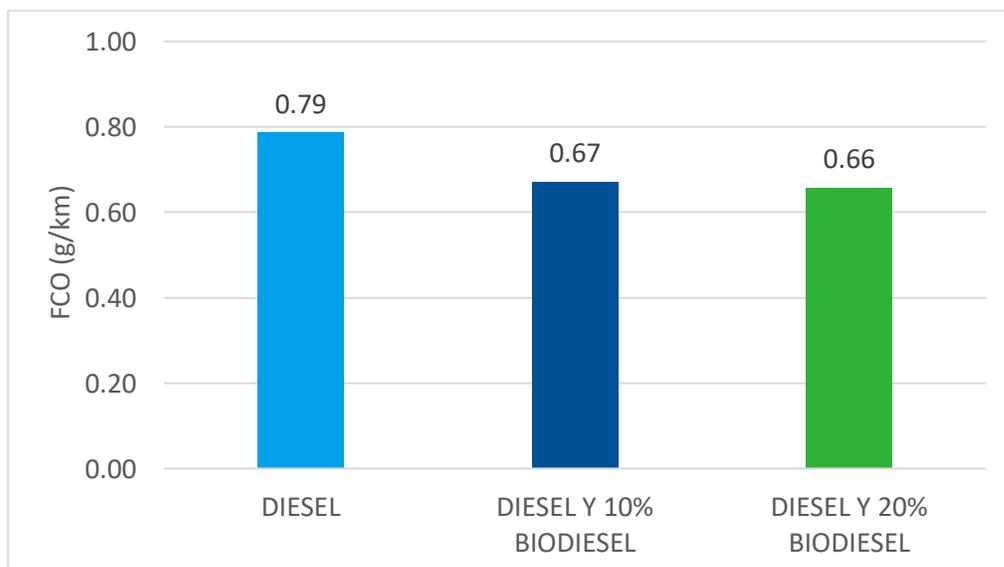


Figura 56. Factores de emisión monóxido de carbono generales.

Según la experimentación realizada en Ciudad de Mexico menciona Stolvett (2009) que el CO oscilo entre valores de 3.9 a 9.2 en g/km, hay que considerar que la ciudad esta sobre los 2240 msnm, también en la ciudad de Santiago de Chile evidencio valores de 1.3 a 1.7 g/km hay que mirarse que se encuentra a una altura de 520 msnm; mientras que en Quito a 2810 msnm el factor de emisión para el diésel en promedio es 0.79 g/km, mostrando una tendencia inferir en función de la carga que experimentan los vehículos a un nivel de altura.

Factores de emisión para hidrocarburos.

En la figura 57 se muestran los resultados obtenidos en factores de emisión para hidrocarburos, para este caso el tema de cilindraje es un factor importante en la emisión de este contaminante. Ya que, entre mayor sea el cilindraje del motor mayor emisión de hidrocarburos emite, resultados que coinciden con los obtenidos por (Menchaca Torre & Mendoza Dominguez, 2013).

Según Stolvett (2009) en Ciudad de Mexico menciona que el HC oscilo entre valores de 0.7 a 1.2 en g/km, hay que considerar que la ciudad esta sobre los 2240 msnm, también en la ciudad de Santiago de Chile evidencio valores de 0.3 a 0.6 g/km hay que mirarse que se encuentra a una altura de 520 msnm; mientras que en Quito a 2810 msnm el factor de emisión para el diesel en promedio es 0.72 g/km, mostrando una tendencia similar en función de la carga que experimentan los vehículos a un nivel de altura, además de la tendencia al aplicar biodiesel es de incremento. Resultado dado por una mejor combustión en el tiempo de Trabajo del motor Ciclo diésel con el combustible diesel.

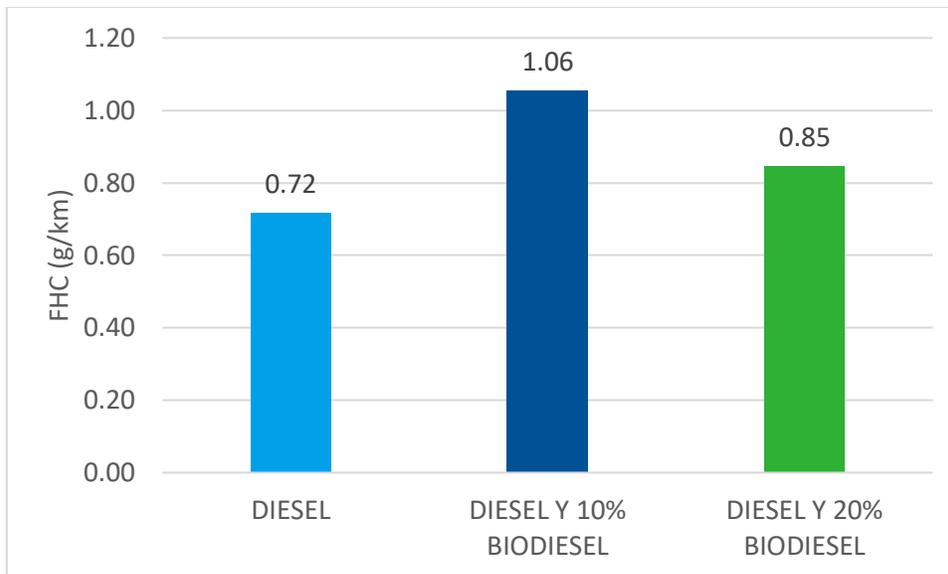


Figura 57. Factores de emisión hidrocarburos generales.

Factores de emisión para óxidos de nitrógeno.

En la figura 58 se presentan los resultados obtenidos para NO_x. En el caso general el uso de combustibles convencionales la carga de NO_x la emisión es 1,1, con adición del 10% de biodiesel la emisión del NO_x se reduce, y no así con 20% de biodiesel donde los NO_x se incrementan. En términos generales en Ciudad de México menciona Stolvet (2009) que el NO_x oscila entre valores de 4 a 7.8 en g/km, hay que considerar que la ciudad está sobre los 2240 msnm, también en la ciudad de Santiago de Chile evidencio valores de 2.7 a 3.6 g/km hay que mirarse que se encuentra a una altura de 520 msnm; mientras que en Quito a 2810 msnm mostrando una tendencia contraria en función de la carga que experimentan los vehículos a un nivel de altura.

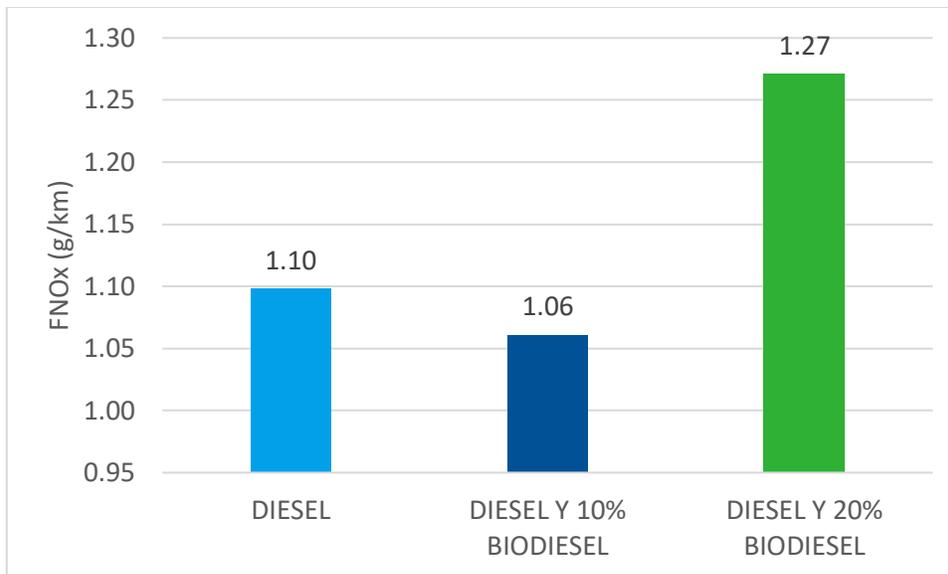


Figura 58. Factores de emisión óxidos nitrosos.

Discusión de resultados de potencia del vehículo de prueba

En la figura 59 se aprecia que el biocombustible B10 obtuvo 6 % mayor potencia con relación al diésel comercial, mientras el Biocombustible B20 se obtuvo el incremento de 2 % respecto al diésel comercial siendo nada significativo para el B10. Según Castro (2018) estableció que el torque y la potencia se reducen mientras se aplica los B10 Y B20, pero no es significativo las diferencias entre los combustibles, siendo contrario a la tendencia del presente trabajo. Según Flores (2019) se presentó la tendencia respecto al B10 de reducción mientras que para B20 se incrementa la potencia, coincidente para el B20 en este trabajo e incompatible para el B10 que se propuesto en nuestro trabajo.

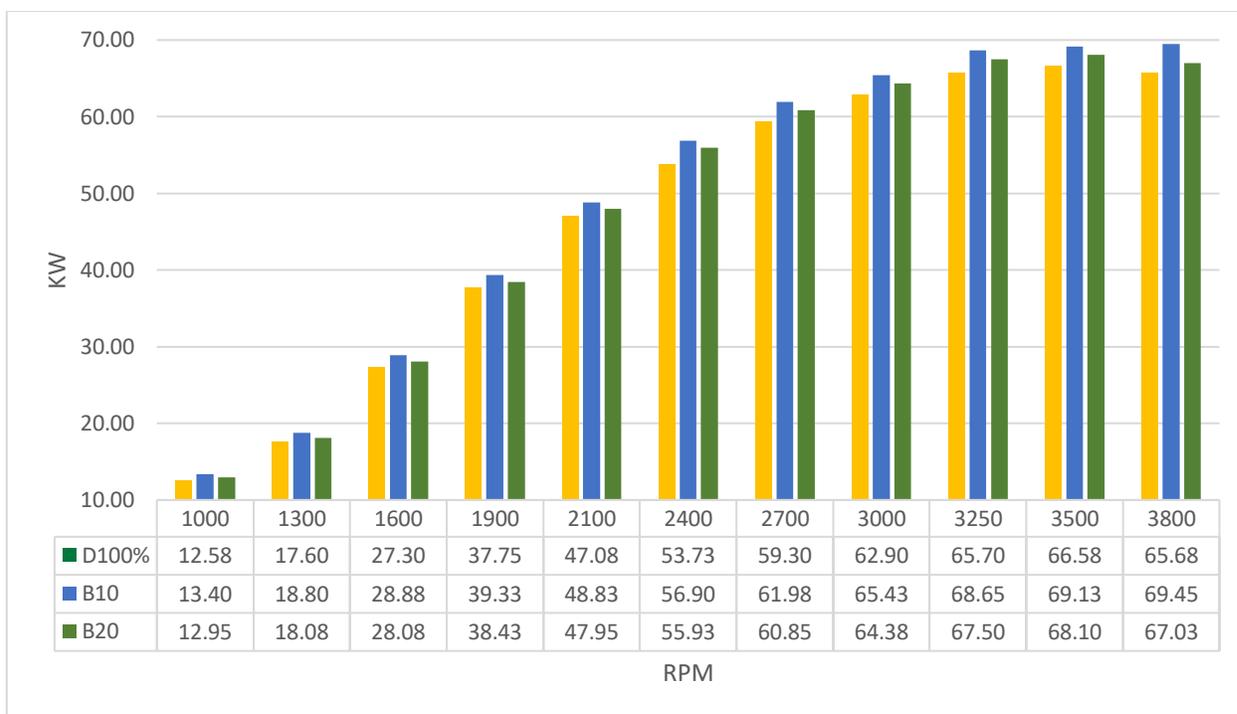


Figura 59. Potencia comparada del vehículo con los tres combustibles.

Discusión de resultados de par motor del vehículo de prueba

En la figura 60 se aprecia al biocombustible B10 con un valor de 5 % mayor torque que el combustible comercial, mientras que con el Biocombustible B20 se obtuvo un valor de 4 % mayor al diésel comercial no presenta valores significativos para este motor diésel. Según Portilla y Campuzano (2015) las pruebas que se realizaron de torque indican que hay una disminución registrando reducciones de 5.1 % en el torque para B10, este comportamiento está relacionado con el menor poder calorífico que tiene el biodiésel frente al diésel, siendo contrario a los resultados obtenidos en este trabajo. Además, Reyes (2016) dice que el par motor más alto está dado en el combustible ecuatoriano mientras que el biodiésel B5 mostró el valor más alto seguido por el B30 y el B10 obtuvo el valor más bajo entre los combustibles de ese trabajo; se obtuvo valores con gran diferencia y contrarios a lo del presente trabajo. También Flores (2019) menciona que el biocombustible B20 eroga un valor de 1.84% mayor torque que el diésel comercial, mientras que

con el Biocombustible B10 se obtuvo un valor de 0,96% mayor al diésel comercial, comparado con nuestro trabajo lleva la misma tendencia de beneficio al aplicar los biocombustibles.

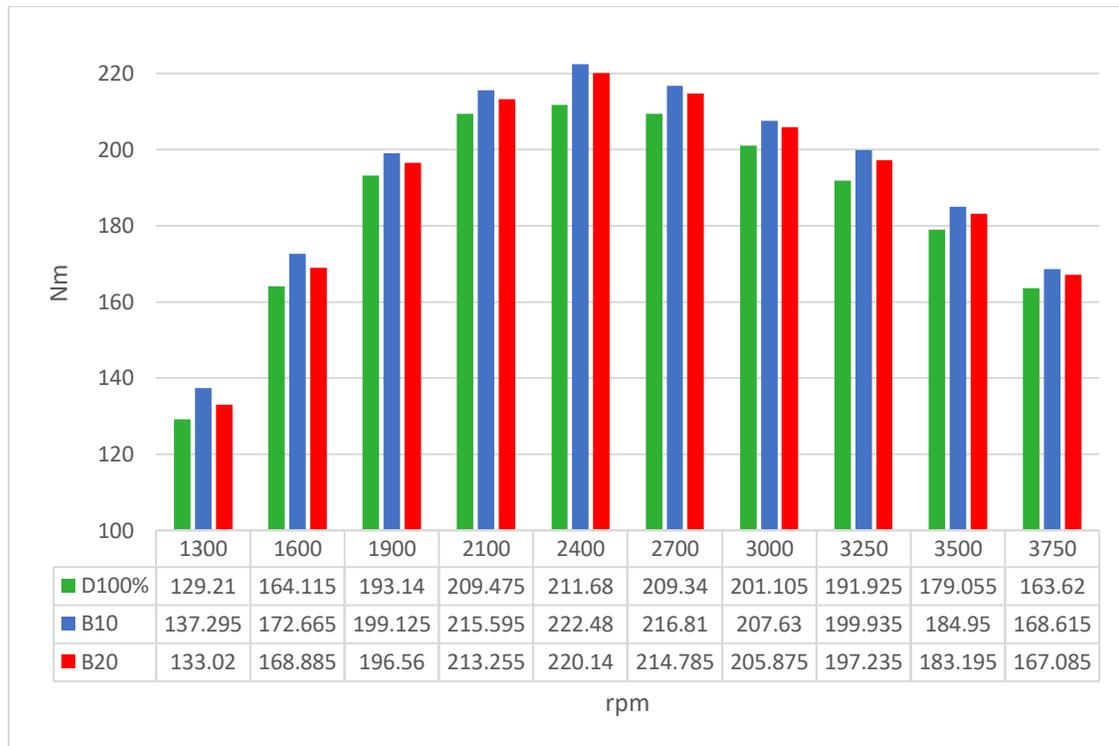


Figura 60. Torque comparado del vehículo con los tres combustibles.

Discusión del consumo de combustible

En lo que se refiere a consumo de combustible, existen factores que influyen directa e indirectamente en el mismo. En el caso directo se encuentra el tipo de motor o vehículo a estudiar, el cilindraje, el tipo de combustible, la ruta experimentada, etc. Para el caso indirecto se toma en cuenta factores como presión de neumáticos, temperatura ambiente, trafico, frenado etc.

En la figura 61 se muestra el consumo de combustible promedio de todas las pruebas realizadas, en las que indica que el biodiésel B10 tiene un consumo menor en relación al diésel en 2% y respecto al biodiésel B20 se reduce un 1 % en función de la línea base que es el diésel.

Benavides, Benjumea, y Pashova (2007) dice las pruebas en motor con mezclas biodiesel de

higuerilla/diésel convencional, en el rango de proporciones biodiesel ensayadas muestran que se incrementan la proporción de biodiésel en la mezcla aumenta el consumo. También, según Agudelo, Bedoya y Agudelo (2005) menciona que obtuvo el incremento en el consumo específico de combustible respecto al diésel corriente en torno a 0.5, y 1 % al usar B5, B10 respectivamente. Esto se contradice con nuestra experimentación realizada.

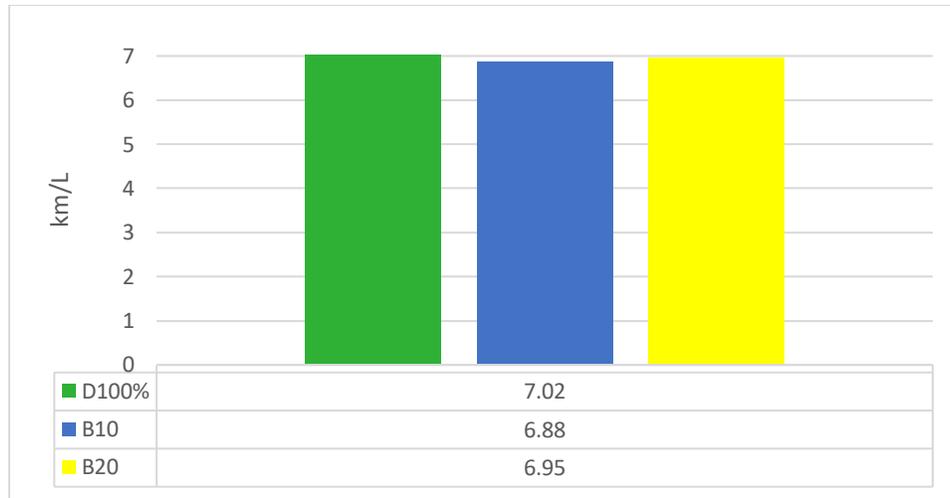


Figura 61. Consumo de combustible del vehículo con los tres combustibles.

Además, Flores (2019) dice que B20 redujo un 0.8 % mientras que el biodiésel B10 mostró el valor más alto con un 3% con los combustibles de ese trabajo; si se compara con nuestro trabajo se contradice con nuestra tendencia para el B10 del trabajo de Flores.

Conclusiones

- Los factores de emisión del CO no tienen una variación significativa aparente, mientras que para los HC se incrementa al aplicar el biodiésel en el motor, no así los NOx son variables y están en función de la cantidad de biodiésel.
- La tendencia de consumo de combustible se inclina en los combustibles que poseen menor porcentaje de biodiésel de los dos combustibles probados.
- Las pruebas de potencia mostro el biocombustible B10 tuvo mejor rendimiento que el diésel comercial y biocombustible B20 en este motor.
- La valoración del torque del vehículo se evidencia que al tener B10 en el funcionamiento se eleva significativamente respecto al diésel y al B20 mostrando mejoras en la operación.

Recomendaciones

- Realizarse otras investigaciones en diferentes marcas vehículos para entenderse el nivel de contaminación y corrobora la investigación que se realizó, además de potencializar el uso de biocombustibles.
- Tomarse como ejemplo el uso de biocombustibles en los diferentes países aledaños a nuestro país, así como de las investigaciones que ellos han realizado durante los últimos años.
- Es necesario establecer los factores contaminantes en dependencia de los vehículos a estudiar, ya que entre mayor sea el año mejor es la tecnología que utiliza para el caso de emisiones contaminantes y así poder encontrar una base de datos que pueda implementarse para el control de emisiones en la ciudad.
- Se recomienda aplicar esta metodología, en el control de concentraciones promedio y factores contaminantes ya que permite conocer el ciclo real de trabajo de un vehículo en la ciudad a ejecutarse, tomando como referencia el estudio entre 2860 msnm y 2890 msnm.

Bibliografía

- R. Lacal Arantegui, A. Jäger-Waldau. Photovoltaics and wind status in the European Union after the Paris Agreement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 81 (2018) 2460-2471.
- A. Foley, B.M. Smyth, T. Pukšec, et al. A review of developments in technologies and research that have had a direct measurable impact on sustainability considering the Paris agreement on climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 68 (2017) 835-839.
- United Nations, Summary of the Paris Agreement, <http://bigpicture.unfccc.int/#content-the-parisagreemen>, accessed 12.04.2018.
- A.S. Alshehry, M. Belloumi. Study of the environmental Kuznets curve for transport carbon dioxide emissions in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 75 (2017) 1339-1347.
- M. Shahbaz, N. Khraief, M.M.B. Jemaa. On the causal nexus of road transport CO₂ emissions and macroeconomic variables in Tunisia: Evidence from combined cointegration tests. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 51 (2015) 89-100.
- Castro, E (2018). Análisis de biodiésel a base de aceite de fuente vegetal. Universidad SEK (Grado thesis, Quito, 2018).
- Llanes Cedeño, E. A., Rocha Hoyos, J., Salazar Alvear, P., & Medrano Barboza, J. (2017). Produccion e Impacto del Biodiesel: Una Revision . *INNOVA Research Journal*, 59-76.
- Rocha Hoyos, J. C., & Zambrano León, V. D. (2015). Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos (Master's thesis, Quito, 2015.).
- Rocha-Hoyos, J. C., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., Torres, G., & Llanes-Cedeño, E. (2018). Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas.//Analysis of Gases of the Engine of a Vehicle through Static and Dynamic Tests. *Ciencia Unemi*, 11(28), 97-108.
- Tolvett Sebastian (2009) Analisis De Emisiones En Ruta De Vehiculos Diesel En Ciudad De Mexico, Santiago Y Sao Paulo. Tesis de Maestria, U. de Chile.

- Agudelo J., B. I. (2005). Emisiones gaseosas y opacidad del humo de un motor operando con bajas concentraciones de biosel de palma. Ingenieria & desarrollo. Universidad del Norte.
- Agudelo, J., Benjumea, P., Gomez, E., & Perez, J. (2003). BIODIESEL Ingenieria y Desarrollo . Obtenido de Una revision desempeño mecanico y ambiental :
<http://www.redalyc.org/pdf/852/85201301.pdf>
- Aguirre Ibarra, G. M., & Vaca Burgos, L. A. (2017). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA GASOLINA EXTRA ADITIVADA CON ALCOHOLES, EN LA REFINERÍA ESMERALDAS. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador Master Thesis.
- ANT. (2016). Serie Historica de Vehiculos Matriculados. Obtenido de Agencia Nacional de Transito:
<https://www.ant.gob.ec/>
- Banco Central del Ecuador. (2016). Cifras del sector Petrolero Ecuatoriano No. 116. Quito.
- Barroso Castillo, J. (2013). ¿Que es Octanaje? Obtenido de Cultura Cientifica:
http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/rmro/2906019/sem06/QUE_ES_OCTANAJE.pdf
- Beckman, L. (2013). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ETANOL ANHIDRO EN MEZCLAS CON GASOLINA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR Intituto de investigacion y posgrado.
- Benavides, .. I. (2017). Comparación de la producción de hollin con B5 a base de aceite de ricino con diesel fósil en motores de compresión. Revista mensual de la UIDE extensión Guayaquil.
- BERU. (2014). Todo sobre bujías de encendido. Obtenido de BERU:
emisias.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pdf
- Bosch. (2015). Sistemas de Encendido. Bosch.
- Caiza Jacome, P. G., & Portilla Aguilar, Á. A. (2010). Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehiculo con Motor Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina. Quito: Escuela Politecnica Nacional Master Thesis.

- Calle-Vallejo, O., Echeverry, J., & Murillo, C. (2006). Sistemas de Encendido Electronico para Motores de Combustión Interna de Cuatro Tiempos a Gasolina con Encendido Original Conmutado por Platinos. 2do Simposio Regional de Electronica y Aplicaciones Industriales.
- Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. (2017). Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana. Quito: CINAE.
- Canakci, M., Ozsezen , A., Alptekin , E., & Eyidogan, M. (2012). Impact of alcoholegasoline fuel blends on the exhaust emission of an SI engine. *Renewable Energy*, 111-117.
- CEPAL. (2008). "Tablero de comando" Para la promocion de los biocombustibles en el Ecuador. Quito: Naciones Unidas.
- Costa, R., & Sodré, J. (2009). Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions. *Fuel*, 287-293.
- Costagliola, M., De Simio, L., Lannaccone, S., & Prati, M. (2013). Combustion efficiency and engine out emission of a S.I engine fueled with alcohol/gasoline blends. *Applied Energy*, 1162-1171.
- D'Silvaa, R., Bhatc, T., & Binu , K. (2015). Performance and Emission characteristics of a C.I. Engine fuelled with diesel and TiO₂ nanoparticles as fuel additive. *Materials Today: Proceedings*, 2, 3728 – 3735.
- Dhana Raju, V., Kishore, P. S., Nathagopaln, K., & Ashok, B. (2018). An experimental study on the effect of nanoparticles with novel tamarind seed methyl ester diesel engine applications. *Energy Conversion and Management*, 655-666.
- Duarte, G., Gonçalves, G., & Farias, T. (2016). Analysis of fuel consumption and pollutant emissions of regulated and alternative driving cycles based on real-world measurements. *Transportation Research, Part D* 44, 43–54.
- ECE. (2010). Sistema COPERT Subcategorias. Obtenido de Emisia: emisiam.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pdf
- Edilberto Antonio, L. C., Juan Carlos, R. H., Paolo, S. A., & Johanna, M. B. (2017). Producción e Impacto del Biodiesel: Una Revisión. *INNOVA Research Journal*, 59-76.

EMISA SA. (MAYO de 2017). COPERT. Obtenido de COPERT: <http://emisiasa.com/products/copert>

EP Petroecuador. (2012). COMBUSTIBLES DE MEJOR CALIDAD Y MENOS CONTAMINANTES.

Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/>

EP PETROECUADOR. (2014). ECOPAIS. EKOS, 48-49.

EP PETROECUADOR. (2016). INFORME ESTADISTICO. Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/>

FAO. (2014). BIOENERGIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EVALUACION RAPIDA: ETANOL Y

BIODIESEL. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Fernández, J. (2007). ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y EXPERIMENTAL DE LAS EMISIONES Y

PRESTACIONES DE UN MOTOR TRABAJANDO CON BIODIESEL.

Frey , C., & Eichenberger, D. (1997). Variability and Uncertainty in On-Board Emissions Estimates of

Carbon Monoxide and Hydrocarbons for School and Transit Buses. North Carolina: Center for

Transportation Engineering Studies.

Frey, C., Delavarraffie, M., & Singh, S. (2014). Real-World Freeway and Ramp Activity and Emissions

for Light-Duty Gasoline Vehicles. Transportation and Air Quality.

García Mariaca, A., Cendales Ladino, E. D., & Eslava Sarmiento, A. F. (2016). Motores de Combustión

Interna (ICE) Operando con Mezclas de Etanol Gasolina: Revisión. CIENCIA E INGENIERIA

NEOGRANADINA, 75-96.

INEC. (2015). Anuario de Transportes. Obtenido de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios-e-](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios-e-investigaciones/)

[investigaciones/](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios-e-investigaciones/)

INEN. (2009). NORMA NTE 2 478:2009. Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización :

<http://www.normalizacion.gob.ec/>

Jung, S., Jounghwa , K., Jeongsoo, K., Hong, D., & Park, D. (2016). An estimation of vehicle kilometer

traveled and on-road emissions using the traffic volume and travel speed on road links in Incheon

City. Journal Environmental Sciences, 120-131.

- Kwon, S., Park, Y., Park, J., Kima, J., Choi, K.-H., & Cha, J.-S. (2017). Characteristics of on-road NOx emissions from Euro 6 light-duty diesel vehicles using a portable emissions measurement system. *Science of the Total Environment*, 576 , 70–77.
- Lee, H., Myung, C., & Park, S. (2009). Time-resolved particles emission and size distribution characteristics during dynamic engine operation conditions with ethanol-blended fuels. *Fuel*, 1680-1686.
- Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J., Peralta, D., & Leguisamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enforque UTE*, 149-158.
- Lopez Teran, J. (2013). Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano De Quito (Vol. Master Thesis). Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- López Teran, J. L. (Octubre de 2013). Evaluación del consumo de combustibles de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador: Master Thesis EPN.
- Menchaca Torre, H. L., & Mendoza Dominguez, A. (2013). Desempeño de un vehículo híbrido y su contraparte de combustión interna bajo condiciones de manejo de una ciudad mexicana. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 219-230.
- Milo Carmenate, V. (2004). Definición de un ciclo de movimiento básico para camiones diesel. En J. Padron Hernades, & J. R. Fuentes Vega, *Ingenieria mecánica* (págs. 49-57). La habana, Cuba: Instituto superior politécnico Jose Antonio Echeverria.
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). Balance Energético Nacional . Quito: Sectores Estrategicos.
- O'Driscoll, R., ApSimon, H., Oxley , T., Molden, N., Stettler, M., & Thiyagarajah, A. (2016). A Portable Emissions Measurement System (PEMS) study of NOx and primary NO2 emissions from Euro 6 diesel passenger cars and comparison with COPERT emission factors. *Atmospheric Environment*, 145, 81-91.

Organizacion Mundial de la Salud. (2015). OMS. Obtenido de OMS:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

Ortiz, A., Romero, J. L., Cueva, I., Jacobo, V., & Schouwenaars, R. (2013). Spark plug failure due to a combination of strong magnetic fields and undesirable fuel additives. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, 1, 67-71.

Pilliza, C. I., & Montalvo, F. J. (NOVIEMBRE de 2016). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO Y EMISIONES EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA UTILIZANDO UNA MEZCLA DIÉSEL-QUEROSENO. QUITO, ECUADOR: MASTER THESIS EPN.

PRO ECUADOR. (2013). BIOCOMBUSTIBLES. GRUPO SPURRIER.

Quinchimbla, F. E., & Solis Santamaría, J. M. (2017). Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el Distrito Metropolitano. Quito: Master's thesis. Escuela Politecnica Nacional.

Rocha, J. H., & Zambrano, V. D. (2015). Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos.

Santivañez, L. A. (2016). Evaluación experimental del consumo de combustible y las emisiones gaseosas de un motor diesel utilizando 3 mezclas de diesel y biodiesel: DB5, DB7, 5 y DB10.

Shah, P. R., & Ganesh, A. (2016). A Comparative Study on Influence of Fuel Additives with Edible and Non-Edible Vegetable Oil Based on Fuel Characterization and Engine Characteristics of Diesel Engine. *Applied Thermal Engineering*, 28-46.

Soledispa, H., & Llumitasig, M. (2017). CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL BIODIESEL OBTENIDO POR TRANSESTERIFICACIÓN A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA Y SU INFLUENCIA COMO ADITIVO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO DEL MOTOR DEL VEHÍCULO MAZDA BT-50. Latacunga.

Tibaquira, J., Huertas, J., Ospina, S., Quirama, L., & Niño, J. (2018). The effect of Using Ethanol-Gasoline Blends on the Mechanical, Energy and Environmental Performance of In-Use Vehicles. *Energies*, 1-17.

- Tolvett Caro, S. A. (2009). ANALISIS DE EMISIONES EN RUTA DE VEHICULOS DIESEL EN CIUDAD DE. SANTIAGO: UNIVERSIDAD DE CHILE Master Thesis.
- Tutunea, D., & Dumitru, I. (2017). Experimental study on the effect of adding bioethanol in spark ignition engine. Scientific Bulletin , 8-20.
- Urbina Guzmán, A. J. (2016). Comparación de Factores De Emisión Vehicular Al Utilizar Ciclos de Conducción IM240 y ON BOARD En La Ciudad De Quito. Quito: Master's Thesis.
- Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador. (10 de JUNIO de 2016). Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador. Obtenido de <http://www.vicepresidencia.gob.ec/gobierno-impulsara-proyectos-de-biocombustibles-y-biogas-desarrollados-por-la-ute/>
- Wang, H., & Fu, L. (2012). Developing a High-Resolution Vehicular Emission Inventory by Integrating an Emission Model and a Traffic Model: Part 1—Modeling Fuel Consumption and Emissions Based on Speed and Vehicle-Specific Power. Journal of the Air & Waste Management Association, 440, 1096-2247.
- Zhou, M., Jin , H., & Wang, W. (2016). A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing. Transportation Research, Part D 49, 208-218.

ANEXOS

ANEXO 1



Quito, 09 de noviembre de 2018
CCICEV-CER-TESIS18 - 039

CERTIFICADO

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos 693 por parte del Sr. MILTON FERNANDO USHÑA ACHI certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en los ensayos de:

- TORQUE Y POTENCIA
- FACTORES DE EMISIÓN EN RUTA

Los combustibles proporcionados por el solicitante son:

- Diésel Premium
- Biodiesel al 10%
- Biodiesel al 20%

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	PBU2333 / KMJWA37HACU350848
Modelo:	H1 12 PAS AC 2.5 5P 4X2 TM DIESEL MT	Kilometraje:	143365
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	D4HB019313
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	98 HP @ 3800 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	392 Nm @ 2000-2500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	N/D
Tipo de aspiración	TURBOCARGADO		
Cilindrada [cm3]	2500	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	20 % DE BIODIESEL	Categoría-Subcategoría-Clase	VAN / FURGONETA DE PASAJEROS
Tipo	M_2	Año modelo vehículo	2015
Tonelaje	2,5	País de origen	COREA DEL SUR

Fecha de ejecución del ensayo: 06 de agosto de 2018.

Los informes técnicos de resultados de evaluación de los ensayos han sido remitidos al solicitante, pudiendo este utilizarlos dentro de su investigación.

El combustible fue proporcionado por el solicitante.

El CCICEV no se hace responsable por el mal uso de la documentación entregada y que motivo de esto ocasiona repercusiones en el ámbito en que se dé uso.

Es todo cuanto se puede indicar en honor a la verdad.

Atentamente,

Ing. Diego Lincango

**RESPONSABLE TÉCNICO DE LA UNIDAD DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 CCICEV**



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-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-693 - P1
	Página 1 / 1	FECHA:	6 de agosto de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/> Reevaluación <input type="checkbox"/> No. Visita <input type="text" value="1"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/> Evaluación RTV* 4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/> Evaluación Testis <input checked="" 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	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	PBU2333 / KMJWA37HACU350848
Modelo:	H1 12 PAS AC 2.5 5P 4X2 TM DIESEL MT	Kilometraje:	143365
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	D4BHB019313
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	98 HP @ 3800 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	392 Nm @ 2000-2500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO
Cilindrada [cm3]	2500	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	DIESEL	Categoría-Subcategoría-Clase	VAN / FURGONETA DE PASAJEROS
Tipo	M_2	Año modelo vehículo	2015
Tonelaje	3,16	País de origen	COREA DEL SUR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	06/08/2018	Hora final	07/08/2018		
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 12 de Octubre)				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,017	0,012	0,012	0,011	-
CO2 [%v]	4,41	3,46	4,04	4,4	-
HC [ppm]	117	49	90	110	-
O2 [%v]	13,92	15,73	14,73	14,06	-
NOx [ppm]	182	158	191	191	-

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formulario de registro primario para ensayo de factores de emisión



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA					
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			16100		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,34	2,4	2,24	2,2	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	6,880	6,708	7,188	7,318	-
Consumo (Km/Gl)	25,856	25,210	27,011	27,502	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,017	0,012	0,012	0,011	-
CO2 [%v]	4,410	3,460	4,040	4,400	-
HC [%v]	0,012	0,005	0,009	0,011	-
O2 [%v]	13,920	15,730	14,730	14,080	-
NOx [%v]	0,016	0,016	0,019	0,019	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,004	0,003	0,003	0,003	-
RHC	0,003	0,001	0,002	0,003	-
RNOX	0,004	0,005	0,005	0,004	-

FACTORES DE EMISION

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			810	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,886	0,821	0,655	0,541	-
FHC (g/Km)	0,915	0,503	0,737	0,612	-
FNOX (g/Km)	1,017	1,159	1,117	1,007	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	0,788
FHC (g/Km)	0,718
FNOX (g/Km)	1,098

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Técnico No 2

Firma _____

Firma Responsable de 

Nombres: _____

Fabián Iza

Nombre :

Ing. Diego Lincango



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-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-693 - P2							
	Página 1 / 1	FECHA:	7 de agosto de 2018							
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 _{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 VEHÍCULO										
Marca	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	PBU2333 / KMJWA37HACU350848							
Modelo:	H1 12 PAS AC 2.5 5P 4X2 TM DIESEL MT	Kilometraje:	143365							
MOTOR (Datos del fabricante)**										
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	D4BHB019313							
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A							
Máxima Potencia (kw/rpm)	98 HP @ 3800 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	392 Nm @ 2000-2500 RPM							
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO							
Cilindrada [cm3]	2500	Transmisión (manual/automática)	MANUAL							
Combustible / Fuente de energía	10% DE BIODIESEL	Categoría-Subcategoría-Clase	VAN / FURGONETA DE PASAJEROS							
Tipo	M_2	Año modelo vehículo	2015							
Tonelaje	2,5	País de origen	COREA DEL SUR							
<small>**Opcional en RTV</small>										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Hora de inicio</td> <td>07/08/2018</td> <td>Hora final</td> <td>08/08/2018</td> </tr> <tr> <td>Prueba en ruta o laboratorio</td> <td colspan="3">Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 12 de Octubre)</td> </tr> </table>	Hora de inicio	07/08/2018	Hora final	08/08/2018	Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 12 de Octubre)			
Hora de inicio	07/08/2018	Hora final	08/08/2018							
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 12 de Octubre)									
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES										
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD									
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5					
CO [%v]	0,01	0,015	0,013	0,013	-					
CO2 [%v]	4,43	4,33	4,66	4,8	-					
HC [ppm]	115	134	151	137	-					
O2 [%v]	14,41	14,38	13,86	13,9	-					
NOx [ppm]	188	182	193	197	-					
OBSERVACIONES:										
	<p>Técnico No 1</p> <p>Firma Responsables: </p> <p>Nombres: Fabián Iza</p>	<p>Técnico No 2</p> <p>Firma Responsable de Unidad: </p> <p>Nombre : Ing. Diego Lincango</p>								
<small>Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión</small>										



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		16,1			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		16100			
Consumo en litros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	2,3	2,4	2,38	2,28	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lit)	7,000	6,708	6,765	7,061	-
Consumo (Km/Gl)	26,306	25,210	25,422	26,537	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,010	0,015	0,013	0,013	-
CO2 [%v]	4,430	4,330	4,660	4,800	-
HC [%v]	0,012	0,013	0,015	0,014	-
O2 [%v]	14,410	14,380	13,860	13,900	-
NOx [%v]	0,019	0,018	0,019	0,020	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,002	0,003	0,003	0,003	-
RHC	0,003	0,003	0,003	0,003	-
RNOX	0,004	0,004	0,004	0,004	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)				830,38
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,520	0,831	0,664	0,618	-
FHC (g/Km)	0,896	1,114	1,156	0,977	-
FNOX (g/Km)	1,048	1,080	1,056	1,004	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	0,672
FHC (g/Km)	1,056
FNOX (g/Km)	1,061

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Técnico No 2

Firma

Firma Responsable de

Nombres:

Fabían Iza

Nombre:

Ing. Diego Lincango



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-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-693 - P3
	Página 1 / 1	FECHA:	9 de agosto de 2018
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 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	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	PBU2333 / KMJWA37HACU350848
Modelo:	H1 12 PAS AC 2.5 5P 4X2 TM DIESEL MT	Kilometraje:	143365

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	D4BHB019313
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	98 HP @ 3800 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	392 Nm @ 2000-2500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO
Cilindrada [cm3]	2500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	20 % DE BIODIESEL	Categoría-Subcategoría-Clase	VAN / FURGONETA DE PASAJEROS
Tipo	M_2	Año modelo vehiculo	2015
Tonelaje	2,5	País de origen	COREA DEL SUR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	09/08/2018	Hora final	09/08/2018
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 12 de Octubre)		

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,013	0,009	0,011	0,009	-
CO2 [%v]	4,02	4,12	4,55	4,27	-
HC [ppm]	55	114	120	120	-
O2 [%v]	15,04	14,64	13,97	14,52	-
NOx [ppm]	196	192	210	199	-

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		16,1				
DISTANCIA RECORRIDA (m)		16100				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	
Consumo en litros	2,42	2,4	2,27	2,19	-	

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lit)	6,653	6,708	7,093	7,352	-
Consumo (Km/G)	25,002	25,210	26,654	27,627	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,013	0,009	0,011	0,009	-
CO2 [%v]	4,020	4,120	4,550	4,270	-
HC [%v]	0,006	0,011	0,012	0,012	-
O2 [%v]	15,040	14,640	13,970	14,520	-
NOx [%v]	0,020	0,019	0,021	0,020	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,003	0,002	0,002	0,002	-
RHC	0,001	0,003	0,003	0,003	-
RNOX	0,005	0,005	0,005	0,005	-

FACTORES DE EMISION

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	874,23				
FCO (g/Km)	0,834	0,557	0,583	0,490	-
FHC (g/Km)	0,529	1,058	0,954	0,980	-
FNOX (g/Km)	1,347	1,273	1,192	1,161	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	0,658
FHC (g/Km)	0,847
FNOX (g/Km)	1,271

OBSERVACIONES:

Técnico No 1 Técnico No 2 _____
 Firma Firma Responsable de
 Nombre: Fabián Iza Nombre: Ing. Diego Lincango