

Análisis de un combustible alternativo a base de fuente vegetal más aditivo

Jhonny Sebastian Maigua Muela

Universidad Particular Internacional SEK

Nota de Autor

Jhonny Sebastian Maigua Muela, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad
Particular Internacional SEK;

Director Ing. Juan Carlos Rocha, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

jmaigua.mec@uisek.edu.ec

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, JHONNY SEBASTIAN MAIGUA MUELA, con cédula de identidad 172559400-4, 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.

JHONNY SEBASTIAN MAIGUA MUELA

C.I.: 172559400-4

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo; a mi padre Marco por su invaluable apoyo, ternura y cariño que siempre me ha ofrecido, a mis madres; Lupe Susana por haberme dado la vida y por ser el tesoro máspreciado del mundo y Rebeca Caiza por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mis hermanos; Génesis y Paúl por lo que representan para mí y por ser parte importante de una hermosa familia unida, y Santiago por su apoyo en todo momento, siendo una motivación muy importante para mí desarrollo personal.

Jhonny Sebastian Maigua Muela.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen del Cisne a quienes con su infinita bondad me han permitido cumplir un objetivo anhelado y por otorgarme salud para seguir cada proyecto importante en mi vida.

A mis padres Marco y Lupe por haber confiado en mí y nunca dejarme solo en ningún momento de la vida. A mi segunda madre Rebeca y a su hijo Santiago por enseñarme a luchar y nunca desmayar en mis sueños, que el día de hoy uno más está a punto de cumplirse.

A: Segundo Sebastian M, Danny Marcelo C, Edwin Patricio C, Jaime René A, Ingrid Mishele P, y a cada uno de mis familiares que siempre me han ayudado con un buen consejo para seguir adelante y lograr el cumplimiento de mis metas y sueños.

Son muchas las personas que han formado parte mi vida diaria y profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

A mis profesores y compañeros de la Universidad Internacional SEK, por cada uno de los momentos compartidos en todo este tiempo de recorrido académico.

Para ellos Muchas gracias y que Dios les Bendiga.

Jhonny Sebastian Maigua Muela.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACION JURAMENTADA 2

DEDICATORIA..... 3

AGRADECIMIENTO..... 4

ÍNDICE DE CONTENIDOS 5

INDICE DE FIGURAS 8

INDICE DE TABLAS 10

INDICE DE ANEXOS..... 11

RESUMEN..... 12

ABSTRACT 13

INTRODUCCION 14

 Antecedentes 14

 Planteamiento de problema 15

 Justificación..... 17

 Estudio del arte..... 19

 Generalidades del biodiesel. 19

 Propiedades del biodiesel. 20

 Aditivos de combustibles diésel. 24

 Motores diésel..... 24

 Sistema common rail (CRDI)..... 26

 Elementos para pruebas automotrices. 27

 Pruebas de rendimiento del motor. 29

MÉTODO..... 33

Situación geográfica.....	33
Mezclas biodiesel/diésel.....	34
Cantidad de las mezclas	39
Cálculo matemático B10.	39
Cálculo matemático B20.	40
Calculo del Aditivo.....	40
Equipo y procedimientos de pruebas	44
Vehículo Great Wall Wingle 5.	44
Vehículo Mazda BT-50.	45
Dinamómetro.	45
Analizador de opacidad.	53
Software de análisis de datos estadísticos y grafico.....	56
RESULTADOS.....	57
Pruebas de torque y potencia.....	57
Diésel 100%.....	58
Diésel 90% Biodiesel 10% con Aditivo (B10A).....	65
Diésel 80% Biodiesel 20% y aditivo (B20A).....	72
Pruebas de opacidad.....	80
Diésel 100%.....	80
Diésel 90% Biodiesel 10% con aditivo (B10A).....	81
Diésel 80% Biodiesel 20% con aditivo (B20A).....	82
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
Discusión de resultados.....	85

Análisis del rendimiento del motor.	85
Conclusiones	104
Recomendaciones.....	106
REFERENCIAS BLIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS.....	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje del uso de petróleo en Ecuador	15
Figura 2. Demanda de energía por sectores en el Ecuador	16
Figura 3. Grafica simulada de pruebas a realizar en los vehículos	33
Figura 4. Probeta de 500 ml	36
Figura 5. Probeta de 100 ml	36
Figura 6. Probeta 500ml en balanza electrónica	37
Figura 7. Peso Diésel 500ml	37
Figura 8. Peso biodiesel 500ml	38
Figura 9. Aditivo motores diesel	41
Figura 10. Indicaciones de dosificaciones aditivo	41
Figura 11. Probeta de 100 ml en balanza electrónica	43
Figura 12. Peso aditivo 20.6 ml	43
Figura 13. Colores de mezclas B10A y B20A	44
Figura 14. Mezcla 10.000 ml	44
Figura 15. Vehículo 1 en el banco de pruebas	47
Figura 16. Vehículo 2 en el banco de pruebas	47
Figura 17. Sistema de cambio de combustibles en las pruebas	49
Figura 18. Acople de presión asociado al turbo del vehículo	49
Figura 19. Ventilación de vehículo en las pruebas	50
Figura 20. Datos característicos del vehículo	50
Figura 21. Presión de trabajo del turbo	51
Figura 22. Revoluciones por minuto máximo en pruebas	52
Figura 23. Vehículo 1 en prueba	52
Figura 24. Resultados preliminares de torque y potencia	53
Figura 25. Opacímetro MAHA	54
Figura 26. Terminal de mano del opacímetro	55
Figura 27. Sonda landa conectada al tubo de escape	55
Figura 28. Vehículo 1 y 2 en pruebas de opacidad	56
Figura 29. Prueba N°1 de torque y potencia con diesel 100%	58
Figura 30. Prueba N°2 de torque y potencia con diesel 100%	59
Figura 31. Pruebas de potencia diésel 100% vehículo 1	59
Figura 32. Pruebas de torque diésel 100% vehículo 1	60
Figura 33. Prueba N°1 de torque y potencia con diésel 100%	61
Figura 34. Prueba N°2 de torque y potencia con diésel 100%	62
Figura 35. Prueba N°3 de torque y potencia con diésel 100%	62
Figura 36. Prueba de potencia vehículo 2 diésel 100%	63
Figura 37. Prueba de torque vehículo 2 diésel 100%	64
Figura 38. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo	65
Figura 39. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo	66
Figura 40. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo	67
Figura 41. Prueba de potencia vehículo 1 B10A	67
Figura 42. Prueba de torque vehículo 1 B10A	68
Figura 43. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo	69
Figura 44. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo	69
Figura 45. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo	70
Figura 46. Prueba de potencia vehículo 2 B10A	71
Figura 47. Prueba de torque vehículo 2 B10A	72
Figura 48. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo	72
Figura 49. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo	73

Figura 50. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo	74
Figura 51. Prueba de potencia vehículo 1 B20A.....	75
Figura 52. Prueba de torque vehículo 1 B20A.....	75
Figura 53. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo	76
Figura 54. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo	77
Figura 55. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo.....	78
Figura 56. Prueba de potencia vehículo 2 B20A.....	79
Figura 57. Prueba de torque vehículo 2 B20A.....	79
Figura 58. Pruebas de opacidad vehículo 1.....	84
Figura 59. Pruebas de opacidad vehículo 2.....	84
Figura 60. Grafico estadístico de las pruebas de potencia Vehículo 1.....	89
Figura 61. Curva de potencia con todas las mezclas utilizadas en el vehículo 1	89
Figura 62. Grafico estadístico de las pruebas de torque Vehículo 2.....	90
Figura 63. Curva de potencia con las tres mezclas utilizadas en el vehículo 2.....	90
Figura 64. Grafica de caja y bigotes para la potencia	92
Figura 65. Grafico estadístico de las pruebas de torque Vehículo 1	93
Figura 66. Grafico estadístico de las pruebas de torque Vehículo 2.....	94
Figura 67. Curva de torque con las tres mezclas utilizadas en el vehículo 1	96
Figura 68. Curva de torque con las tres mezclas utilizadas en el vehículo 2	96
Figura 69. Grafica de caja y bigotes para el torque.....	98
Figura 70. Grafico estadístico de opacidad comparación vehículo 1 y vehículo 2	101
Figura 71. Grafica de caja y bigotes para la opacidad	103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación de países del área y principales fuentes de obtención de biodiesel.....	14
Tabla 2 Propiedades de caracterización del biodiesel de aceite de frituras	34
Tabla 3 Propiedades de caracterización de la mezcla B10 (10% biodiesel) con aditivo	35
Tabla 4 Propiedades de caracterización de la mezcla B20 (20% biodiesel) con aditivo	35
Tabla 5 Pruebas de peso del diésel en la balanza electrónica	38
Tabla 6 Pruebas de peso del biodiesel en la balanza electrónica	38
Tabla 7 Especificaciones técnicas del vehículo Wingle 5	44
Tabla 8 Especificaciones técnicas del vehículo Mazda BT-50.....	45
Tabla 9 Especificaciones técnicas del Dinamómetro usado para las pruebas de los combustibles	46
Tabla 10 Especificaciones técnicas del opacímetro usado para las pruebas de los combustibles.....	53
Tabla 11 Estructura de la literatura de los Tratamientos del programa STARGRAPHICS.....	57
Tabla 12 Resultados de las pruebas de torque y potencia del vehículo 1 con diésel 100%	60
Tabla 13 Resultados de las pruebas de torque y potencia del vehículo 2 con diésel 100%	65
Tabla 14 Resultados de las pruebas de torque y potencia vehículo 1 con biodiesel 10% y aditivo.....	68
Tabla 15 Resultados de las pruebas de torque y potencia vehículo 2 con biodiesel 10% y aditivo.....	72
Tabla 16 Resultados de las pruebas de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo	76
Tabla 17 Resultados de las pruebas de torque y potencia vehículo 2 con biodiesel 20% y aditivo.....	80
Tabla 18 Resultados de las pruebas opacidad con diésel 100%.....	80
Tabla 19 Resultados de las pruebas opacidad con diésel 100%.....	81
Tabla 20 Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 90% y biodiesel 10% con aditivo	81
Tabla 21 Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 90% y biodiesel 10% con aditivo	82
Tabla 22 Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 80% y biodiesel 20% con aditivo	83
Tabla 23 Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 80% y biodiesel 20% con aditivo	83
Tabla 24 Resultados promedios de las pruebas de torque y potencia del vehículo 1	85
Tabla 25 Resultados promedios de las pruebas de torque y potencia del vehículo 2	86
Tabla 26 Resultados de los estadígrafos de posición con respecto a la potencia del vehículo1 y vehículo2	91
Tabla 27 Comparación de las diferencias entre grupos experimentados con respecto a la potencia	91
Tabla 28 Resultados de los estadígrafos de posición con respecto al torque del vehículo 1 y vehículo 2.....	97
Tabla 29 Comparación de las diferencias entre grupos experimentados con respecto al torque	98
Tabla 31 Resultados promedios de las pruebas de opacidad del vehículo 2.....	99
Tabla 32 Resultados de los estadígrafos de posición con respecto a la opacidad del vehículo1 y vehículo2	102
Tabla 33 Comparación de las diferencias entre grupos experimentados con respecto a la opacidad	102

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tablas caracterización de los biocombustibles. 110
Anexo 2 Pruebas de torque y potencia. 113
Anexo 3 Certificado MANDIESEC. 122

RESUMEN

El objetivo del trabajo presentado es analizar los resultados obtenidos de torque, potencia y opacidad utilizando bancos de pruebas estáticas para la recolección y comparación de datos de las mezclas de diésel/ biodiesel de aceite de frituras con aditivo.

Se determinó el torque, potencia y opacidad de los vehículos con las respectivas mezclas utilizando un dinamómetro y un opacímetro para demostrar el comportamiento interno del motor y la cantidad de contaminación que provocan con cada una de las mezclas utilizadas.

El análisis de los resultados de torque y potencia no tuvieron una variación de gran magnitud para los vehículos con sus respectivas mezclas, sin embargo el porcentaje de opacidad se redujo a medida que la cantidad de biodiesel aumenta en las mezclas coincidiendo para los dos vehículos.

Basado en los resultados obtenidos en el estudio, se concluye que el uso de biodiesel ayuda en la disminución de contaminación al medio ambiente y que la variación en los resultados de torque y potencia son mínimos basados en las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes de los vehículos.

Palabras Clave: biodiesel, aceite de frituras, aditivo, torque, potencia, opacidad.

ABSTRACT

The objective of the work presented is to analyze the results obtained from torque, power and opacity using static bench test for the collection and comparison of data from the biodiesel /diesel mixtures of frying oil with additive.

It was determined the torque, power and opacity of the vehicles with the respective mixes using a dynamometer to demonstrate the internal behavior of the engine and the amount of pollution they cause with each of the mixtures used.

The analysis of the results of torque and power did not have a variation of great magnitude for the vehicles with their respective mixtures, however the percentage of opacity was reduced as the quantity of biodiesel increases in the mixtures coinciding for the two vehicles.

Based on the results obtained in the study, it is concluded that the use of biodiesel helps in the reduction of pollution to the environment and that the variation in the results of torque and power are minimal based on the technical data sheets provided by the vehicle manufacturers.

Keywords: biodiesel, frying oil, additive, torque, power, opacity.

INTRODUCCION

Antecedentes

Existe la necesidad inmediata de la búsqueda de nuevas fuentes alternativas suficientemente capaces de minimizar la vinculación del petróleo, tomándola como una labor importante debido a la crisis presentada a nivel internacional relacionado con la disminución de reservas del petróleo y el aumento del precio en los últimos años.

Para seguir fomentando el desarrollo de los países existe la posibilidad de usar energías renovables a las que tendrán el nombre de biocombustibles, en los últimos años el combustible más indagado es el biodiesel, que es procedente de diferentes fuentes de obtención. Para el continente americano la producción la nueva fuente renovable representada con EEUU teniendo el primer lugar, escoltado por Argentina en segundo lugar y finalmente ocupando el tercer lugar Brasil (Montilla, 2014).

Tabla 1

Relación de países del área y principales fuentes de obtención de biodiesel.

Países	Materia prima potencial
Argentina	Habas de Soja
Brasil	Habas de soja / aceite de palma/ aceite de castor/ aceite de algodón
Cuba	Moringa/ Nim/ Jatropha
Ecuador	Grasa animal/ aceite usado de cocina/ Palma
México	Grasa animal/ aceite usado de cocina
Perú	Aceite de palma/ jatropha

Fuente: Mofijur et al. (2016).

El biodiesel es considerado la fuente de energía renovable más acertada para la sustitución parcial o total del petróleo. Esta fuente llamada biodiesel es un metil éster

consistente en ácidos grasos de cadena larga que proviene de aceites vegetales comestibles o no comestibles, grasas animales y también desperdicios de aceites usados en restaurantes (Issariyakul & Dalai, 2014).

Planteamiento de problema

Tomando en cuenta los antecedentes manifestados anteriormente con respecto a la disminución de reservas y aumento del precio del petróleo, añadiendo el compromiso de la comunidad humana a incrementar energías renovables que produzcan menos contaminación y una reducida degradación de los ecosistemas naturales, es necesario desarrollar un estudio que permita definir el uso adecuado de biodiesel en un vehículo de motor diésel para asegurar su rendimiento y la cantidad de contaminación emanada por el vehículo provocada por el uso de combustibles fósiles.

El uso de combustibles fósiles en el Ecuador durante los últimos años ha estado en constante aumento según el informe del Ministerio Coordinador de los Sectores Estratégicos. (Delgado, 2015), teniendo el petróleo como la fuente de mayor contribución como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Porcentaje del uso de petróleo en Ecuador.

El uso particular del combustible fósil, es (Delgado, 2015)
mayoritario en los vehículos y su uso ha crecido tanto por el aumento del parque

automotor como por el hecho que los combustibles fósiles son beneficiados por un subsidio en el país. Los principales combustibles de fuente fósil que se usan en Ecuador dentro de los motores vehiculares son la gasolina usada comúnmente en vehículos livianos y el diésel para los vehículos pesados, en la figura 2, está representada la demanda de la energía por sectores, teniendo en consideración al transporte que posee el 42% de la demanda, este análisis hace coincidir con el comportamiento a nivel mundial donde el transporte representa un 59% con una predicción del incremento al 63% para el año 2040 (IEA, 2013).

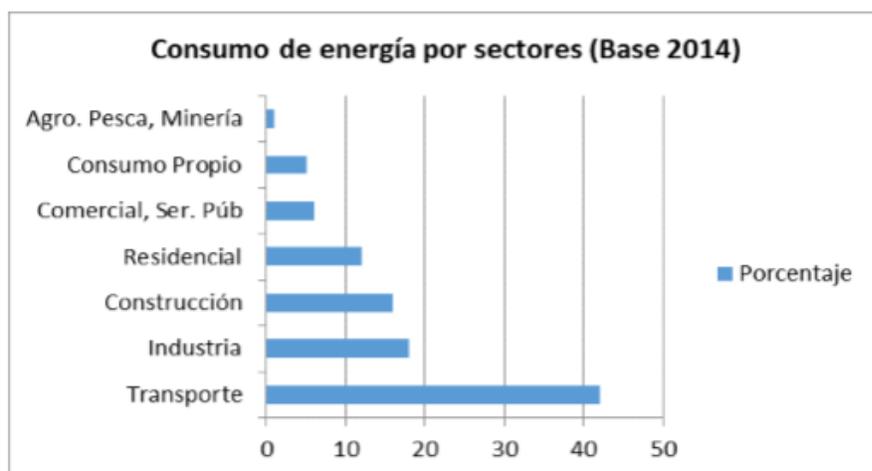


Figura 2. Demanda de energía por sectores en el Ecuador. (Delgado, 2015)

Por la proyección del crecimiento de consumo de fuentes fósiles provenientes del petróleo para vehículos diésel, se ha considerado estos tipos de vehículos, para ofrecer una alternativa e incentivar el uso de biodiesel como parte de combustibles de motores vehiculares de tipo diésel, por tanto, el presente estudio se plantea desarrollar pruebas estáticas en vehículos de motor diésel con mezclas de diésel/biodiesel añadiéndolas aditivo para validar alternativas de comportamiento del motor internamente y cantidad de emanación de humo basándose en las especificaciones técnicas de los vehículos otorgadas

por los fabricantes, es así, que el estudio se centra en evaluar los datos resultantes de torque, potencia y opacidad de dos camionetas de motor diésel para evaluar sus diferencias o semejanzas, aplicando distintas cantidades de biodiesel en las respectivas mezclas.

Justificación

El objetivo principal de la investigación es, analizar los resultados obtenidos de las diferentes mezclas de diésel/biodiesel con aditivo en las camionetas de marca Great Wall y Mazda, mediante pruebas estáticas a realizarse en un dinamómetro y un opacímetro, para la recolección y comparación de datos otorgados por los vehículos.

Sin embargo, para la opacidad en estudio, se trata de la cantidad de humo que emana el vehículo al medio ambiente, por tanto el porcentaje de opacidad de los vehículos diésel está basada en la norma nacional NTE INEN 2 202:2000, por ende, la complejidad del estudio se basa en cumplir la norma con el uso de las diferentes mezclas de diésel/biodiesel que permita la circulación del vehículo sin ninguna restricción, por otra lado los resultados de torque y potencia están relacionados directamente con el rendimiento del motor.

Una manera de validar los resultados, suele ser sometiendo a cada uno de los vehículos a distintas pruebas, esto significa, no solo el uso de los vehículos para las pruebas pertinentes, también requiere un sistema ficticio de almacenamiento de combustible y el cálculo necesario de las cantidades exactas de las distintas mezclas. Por este motivo para conseguir el desarrollo del tema propuesto será necesario realizar los ensayos prácticos, por tanto, para el desarrollo se debe:

Determinar los resultados de las pruebas de torque, potencia y opacidad con las

distintas mezclas de diésel/biodiesel con aditivo, llevando los vehículos seleccionados a los distintos talleres automotrices que ofrecen la realización de estos tipos de ensayos. Para recolectar la información obtenida en cada una de las repeticiones con las distintas mezclas de combustible vehicular, es necesario comprender la funcionalidad del sistema ficticio del tanque de combustible que se utilizó para el almacenamiento de las diferentes mezclas.

Desarrollar tablas estadísticas de manera particular para cada repetición y para cada tipo de combustible y de manera general cada una de las pruebas específicas, usando los datos obtenidos en los distintos centros automotrices donde se realizó las pruebas. Para analizar y determinar las distintas diferencias que se aprecien de cada una de las pruebas realizadas con respecto a cada vehículo usado.

Con los datos obtenidos previamente en las pruebas hechas personalmente en las camionetas, se sugerirá la mezcla que mejor resultado dio en cuanto a torque, potencia y opacidad.

Dado, al alto consumo de combustible fósil, en cuanto a la industria automotriz en Ecuador, el estudio busca incentivar el uso de fuentes renovables alternativas que produzcan menos contaminación y reducción de daños en ecosistemas naturales de producción local, de la misma manera, beneficia directamente a la comunidad al crearse plazas de trabajo, en el lugar donde se encuentran la materia prima para la producción del biodiesel.

Siguiendo con los pasos expuestos anteriormente y basándose en el cumplimiento del objetivo principal de la investigación el cual es analizar los datos obtenidos de las pruebas en camionetas de diferentes marcas, con el uso de distintas mezclas de biodiesel base de aceite de frituras con aditivo, se podrá disponer de distintos resultados donde se

podrá evaluar su comportamiento interno, con la certeza que se respeta los datos de las especificaciones técnicas vehiculares, para en el futuro lograr adaptar estos cambios en la industria del parque automotriz.

Estudio del arte

Generalidades del biodiesel.

En 1913 Rudolph Diésel escribió “El uso de aceites vegetales como combustible puede parecer insignificante hoy. Pero con el tiempo pueden convertirse en combustibles tan importantes como el petróleo o el carbón lo son en nuestros días”. (Haga & López et al., 2004)

El biodiesel considera ventajas que son muy evidentes, debido a que logro ser una sustancia biodegradable, no explosiva, no inflamable, renovable, no toxica, y dentro de la combustión tiende a generar bajos niveles de emisiones de gases de efecto de invernadero. Además existe una comparación con el diésel obtenido a partir de combustibles fósiles, el biodiesel posee gran diferencia en algunas de sus propiedades como son el caso de mayor numero de cetano, punto de inflamabilidad y mejores características de lubricación (Mofijur et al., 2016)

“La ASTM – American Society for Testing and Material – define al biodiesel como el éster monoalquílico de cadena largo de ácidos grasos derivados de recurso renovables como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diésel” (Chacón, 2017).

El biodiesel forma parte de los combustibles que se procesa mediante la reacción de transesterificación de un triglicérido de origen vegetal o animal con un alcohol, que

tiene un proceso de descomposición que puede ser metanol o etanol, debido que en los la relación es directamente proporcional para los alcoholes y su peso molecular, se estableció utilizar hidróxido de potasio como catalizador (Torres et al. 2015).

El término biodiesel se le puede emplear para referirse a toda clase de combustible alternativos así como por ejemplo: aceites vegetales, mezcla de aceites vegetales con gasóleo, micro emulsiones de aceites vegetales, productos de pirolisis de aceites vegetales, ésteres metílicos y etílicos obtenidos a partir de aceites vegetales o grasas animales. Con la gran importancia que ha tenido el biodiesel a nivel mundial pues su creciente producción ha sido notoria, debido a esto el término biodiesel hace referencia únicamente a los ésteres nombrados anteriormente (Chacón & Ariza et al. 2017).

Su clasificación está basado en la materia prima que se usa para la producción del mismo, debido a esto son identificados con las siguientes siglas en inglés:

- RME – Rape Methyl Ester (Ester Metílico de Aceite de Colza)
- SME – Soya Methyl Ester (Ester Metílico de Aceite de Soja).

Particularidad presente para este tipo de biodiesel, pues comparten las mismas siglas con el Ester Metílico de Aceite de Girasol (Sunflower Methyl Ester)

- PME – Palm Methyl Ester (Ester Metílico de Palma)
- FAME – Fatty Acid Methyl Ester (Ester Metílico de Ácidos Grasos), en este grupo de ésteres pues se engloba a otros tipos de aceites y grasas vegetales y/o animales, así como cada una de sus mezclas.

Propiedades del biodiesel.

En esta parte del documento se detallara a continuación algunas propiedades físico-

químicas que la norma NTE INEN 2482 exige, esta norma corresponde a los requisitos del biodiesel establecidos por el Instituto de Normalización Ecuatoriano, INEN.

El biodiesel conserva características químicas convenientes para poder mejorar sus aplicaciones en comparación del diésel, la mejora de las características hacen que este biocombustible sea más seguro en términos de manejo y transporte, teniendo también como característica fundamental el alto número de cetano (Pérez et al. 2012).

Densidad.

La propiedad física generalmente de una sustancia o un cuerpo, la cual está definida por una operación matemática en la que la densidad es el resultado de la división entre su masa y la unidad de volumen, y está representada por la letra griega rho (ρ). Esta propiedad es muy dependiente de la temperatura y para que su medida sea precisa hay que tener presente su temperatura. INEN (2009) determina que para el caso del biodiesel esta propiedad debe ser ajustada a la norma ASTM D 1298, teniendo para este caso el rango de su valor estará entre $860-900 \frac{kg}{m^3}$ basado en el sistema internacional (SI), y considerando su temperatura a $15^\circ C$ (Serway & Faughn 2011).

La densidad del biodiesel es considerado un factor importante debido a que depende de este el correcto funcionamiento de los sistemas de inyección, pues se requiere una exigencia totalmente correcta al momento de suministrar la cantidad de combustible a bombas e inyectores para que estos generen una adecuada combustión. (Dzida & Chacón, 2017)

Viscosidad.

Existe otra manera de expresarse acerca de la viscosidad que es definida como característica que muestra el movimiento relativo entre sus moléculas debido a la fricción

entre las mismas, y la que es denominada viscosidad cinemática la cual relaciona la viscosidad absoluta con la densidad de la sustancia. Sus unidades dentro del sistema internacional (SI), son $\frac{m^2}{s}$. (INEN, 2009) Determino que en lo que se refiere a la viscosidad para el biodiesel su intervalo esta entre 3 a 5,5 $\frac{mm^2}{s}$ a una temperatura de 40°C y se rige estrictamente en la norma ASTM D 445 (Díaz & Chacón, 2006).

La propiedad de la viscosidad tomando referencia a los combustibles es significativo porque afecta su atomización en la cámara de combustión, en términos específicos se habla de la vida útil del motor (Dinis & Pardal, 2012).

Punto de inflamación.

El punto de inflamación es un parámetro para satisfacer términos legales de seguridad, en lo que se refiere al manejo y almacenamiento de combustibles y materiales inflamables. INEN (2009), determina que el punto de inflamación del biodiesel deberá cumplir los estándares regidos por la norma ASTM D 93; y valor mínimo permitido es de 120°C (Dinis & Pardal, 2012).

Humedad.

La propiedad aquí descrita está basada en la medida de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que esté presente en el interior de un cuerpo o en una superficie. Esta propiedad es de mucha importancia debido a que está relacionada directamente con el funcionamiento del motor y los problemas encontrados son la corrosión, o la producción de lodos que podría causar danos en los filtros y en las líneas de circulación del motor. (INEN, 2009) Determina que el contenido máximo de agua permitido dentro del biodiesel es 500 $\frac{mg}{Kg}$ y es establecido por la norma ASTM D 95 (Dinis & Pardal, 2012).

Cantidad de azufre.

El contenido de azufre dentro del combustible de un motor lleva relación en el desgaste del motor y de los depósitos en los cuales está presente este biodiesel, el sulfuro que contiene afecta directamente al sistema de control de emisiones del vehículo. Según INEN (2009), determina que la cantidad límite del contenido de azufre está dada en $\frac{mg}{Kg}$ de acuerdo al sistema internacional y su valor máximo es de $10 \frac{mg}{Kg}$, valor casi nulo que es decretado por la norma ASTM D 1552 (ASTM, 2013).

Número de cetanos.

El número de cetano es un indicativo de la calidad de ignición de combustible que influye en la rugosidad de la combustión, es decir está relacionado directamente proporcional con la calidad de ignición e inversamente proporcional con el tiempo de retardo en la ignición (ASTM, 2013). Según Santivañez (2016), una particularidad de esta propiedad es depender y estar basada en diseño del motor, el tamaño y la velocidad y la carga a que está sometido el vehículo. El número de cetano dentro del biodiesel debe ser tan bajo como sea posible garantizar la máxima disponibilidad de combustible. Según INEN (2009), determina que el número de cetanos estará decretado por la ASTM D 613, y el valor mínimo que debe lograr alcanzar es 49 tal como lo expresa la norma técnica ecuatoriana.

Índice de yodo.

El índice de yodo está dado por la instauración de una grasa, expresado con el número de gramos de yodo absorbido por cien gramos de muestra. A lo que finalmente se refiere como el número de enlaces dobles que se encuentra en la cadena del triglicérido. (Quintero & Moreno, 2014).

Para la propiedad del índice de yodo estará sujeto a la cantidad máxima de 120

$\frac{g\ yodo}{100\ g}$ y está basada en el método de ensayo EN 14111 (INEN, 2009).

Aditivos de combustibles diésel.

Un aditivo es una sustancia química agregada a otro producto para poder mejorar sus propiedades, para el caso de los combustibles los aditivos son añadidos en mínimas cantidades durante la elaboración de su fabricante, para poder determinar el cambio de características del mismo. Existen distintas características las que un aditivo puede mejorar al ser usado:

- Oxigenadores: Es utilizado para mejorar la combustión del combustible, el consumo y la potencia. Evitando los hidrocarburos no quemados y el resto de carbonilla producto de la combustión.
- Detergentes: Mejoran la pulverización del combustible, la mezcla y el contacto con el oxígeno del aire.
- Octanaje: Para mejorar la resistencia del combustible a la auto inflamación, actualmente se utiliza un compuesto químico de metilciclopentadienil manganeso tricarbonilo, que es menos tóxico que el usado en décadas anteriores.
- Colorantes: Se utilizan para evitar la confusión de los combustibles de diferente calidad (WRT BV, 2014).

Motores diésel.

El motor diésel es un tipo de motor de combustión interna el cual lleva una relación entre 15:1 y 24:1 en lo referente a comprimir aire, la temperatura de trabajo dentro del motor varía entre los 600°C y 800°C. Su trabajo está basado en la transformación de

energía química por energía calorífica que se genera en el interior de los cilindros. Al realizar la transformación de energía existen pérdidas detalladas entre un 25-30% en el sistema de refrigeración, el mismo valor relaciona para los gases de escape y finalmente cerca del 10% en contrarrestar fuerzas de rozamiento interno, con un resultado final del 35% aproximadamente para desarrollar un trabajo efectivo (Parera, 1996).

Los motores que trabajan con combustible diésel, considera las siguientes fases que componen su ciclo de trabajo, y esta resumido de la siguiente manera (Acebes, 2007):

1. Admisión: Ocupar completamente el cilindro con el aire atmosférico.
2. Compresión: Como su nombre lo indica busca comprimir el aire tomado en la admisión, hasta que alcance una temperatura mayor a la temperatura de combustión del combustible.
3. Combustión: Inyección del combustible.
4. Expansión: Dispersión de los gases producidos en la combustión
5. Escape: Salida de los gases después de haber terminado su proceso y enviados a la atmosfera.

Potencia.

La potencia se encarga de medir la velocidad con la que el motor puede realizar su trabajo. La potencia del motor es el resultado de multiplicar el par motor por la velocidad angular del motor establecida en radianes por segundo o revoluciones por minuto (RPM). Sus unidades en el sistema internacional es el Watt (W) y en el sistema ingles son caballos de fuerza (HP) (Rodríguez, 2017).

La potencia en su fórmula matemática esta relaciona por el producto del par motor o torque con la velocidad de giro que genera el motor.

Torque.

El torque está definido por ser un indicador de precisión relacionado efectivamente con la capacidad que tiene un motor para poder realizar un trabajo. Está determinado como la fuerza que ejerce en una palanca para ocasionar un movimiento rotacional y sus unidades dentro del sistema internacional son N-m o dentro del sistema ingles son lbf-ft (Pulkrabek, 2013).

El torque dentro de la fórmula matemática depende de dos factores que son: la fuerza de la explosión sobre el pistón y la longitud del codo del cigüeñal, sobre quien actúa la fuerza.

Opacidad.

La medición de la opacidad está administrada de una manera porcentual (%) y determina el grado de opacidad de las emisiones de escape de una fuente móvil a diésel. El Instituto Ecuatoriano de normalización en la norma técnica NTE INEN 2 202:2000, especifica que el límite máximo de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diésel están basadas en el año de fabricación de cada vehículo automotriz. Teniendo en consideración que los vehículos a partir del año 2000 en adelante no podrán sobrepasar el 50% de opacidad como límite máximo y los modelos anteriores al año 2000 tendrán el 60% de límite máximo de opacidad (INEN, 2000).

Sistema common rail (CRDI).

El sistema common rail es un sistema de inyección electrónico que representa un gran avance en el desarrollo de los motores diésel, debido a que los motores diésel son usados desde autos de pasajeros hasta camiones y buses (Bosch, 2005).

En el sistema de common rail tiene el funcionamiento independiente de la presión y

la inyección de combustible, lo que nos hace entender que la función principal de la bomba es generar la alta presión en el combustible y mantenerla en un tubo distribuidor común, para que los inyectores puedan realizar la inyección de combustible en momento preciso, este sistema de inyección es dirigido por un módulo de control electrónico y por los distintos sensores relativos implementados en el sistema.

Al igual que en cualquier sistema, este también conlleva problemas, los vehículos que poseen un sistema de inyección CRDI principalmente se ven afectados en el sistema de alimentación que su afectación directa está causada por el desgaste o daño en las superficies de la aguja del inyector debido a la alta presión y temperatura que actúan, originados por depósitos orgánicos e inorgánicos y procesos de cavitación. Los principales síntomas del vehículo al tener este daño son: pérdida de potencia, alto consumo de combustible y exceso de humos negros (Trubaugh et al., 2013).

Dentro de las agujas de los inyectores tenemos como elementos afectados principalmente al cono y al vástago, debido a que el diésel de origen fósil lleva un porcentaje de azufre el cual provoca mayor desgaste en estas zonas de los inyectores, pero también se debe a la presión de 200 Mpa, y a la temperatura de 600°C considerados como valores máximos en la alimentación de combustible (Zhimin et al., 2011).

Para la verificación de estos desgastes se utiliza las mediciones de rugosidad que está basado en las marcas o surcos dejadas por los agentes que atacan a la superficie en el proceso de mecanizado (Hilbert et al., 2003).

Elementos para pruebas automotrices.

Dinamómetro.

Es un elemento para vehículos automotrices que tiene como elementos principales

llamados rodillos, los cuales poseen un sensor que toma la velocidad de giro de los rodillos para calcular la curva de par motor. Esta información obtenida de los rodillos es enviada a un computador que almacena la información de las pruebas realizadas por los rodillos del dinamómetro, finalmente se realiza el cálculo de las diferentes velocidades relacionándolas con los tiempos respectivamente para calcular la aceleración instantánea, con este valor el dinamómetro puede calcular el torque y la potencia del vehículo automotriz usado para las pruebas respectivas (Rodríguez, 2017).

Opacímetro.

Es una unidad móvil que tiene como función principal medir los niveles máximos permitidos de opacidad de una corriente humo, es decir la cantidad de hidrocarburos sin quemar que son procedentes del escape de los vehículos que circulan por la calles de una ciudad, utilizando como combustible factor principal de combustión. Esta mala quema de hidrocarburos puede afectar directamente en la eficacia de la bomba de inyección. Su prueba es de forma estática en la cual el vehículo que es sometido a las pruebas de verificación de opacidad es acelerado desde su marcha más lenta hasta su límite máximo de velocidad, obtenido como resultado las emisiones de humo durante el proceso ya explicado anteriormente (Dynojet,2006).

Los opacímetros se clasifican en tres tipos (Valencia, 2008):

- Opacímetro de flujo total en línea, es el encargado de analizar la cantidad total de humo que pasa por el tubo de escape. La medición es realizada dentro del tubo de escape.
- Opacímetro de flujo total fin de línea, es el encargado de analizar la cantidad total de humo que sale del escape en forma de estela. La medición

se realiza en la salida del tubo de escape.

- Opacímetro de flujo parcial, analiza una fracción del humo que pasa por el escape. La medición se realiza en una cámara especialmente diseñada.

Pruebas de rendimiento del motor.

El par y la potencia se relacionan con la densidad de energía del combustible, y debido a tal motivo existe un gran número de estudios realizados que indican la pérdida de potencia con el uso de combustibles mezclados con biodiesel (Canakci, 2007).

Al realizar las pruebas dentro de un motor Mitsubishi y usando diésel, biodiesel y alcohol (metanol) como aditivo para mejorar las propiedades de viscosidad y densidad del biodiesel, obtuvo los siguientes resultados: la potencia es menor al usar las mezclas de (D-B20%) y (D-B20%-M5%) con respecto a la del diésel mineral por separado (Yasin, 2014).

Al realizar las pruebas en un vehículo Audi de motor diésel 1.9 TDI 1Z, con distintos tipos de mezclas de diésel, biodiesel y metanol como aditivo. Estas mezclas están dadas por: D (diésel), B30 (biodiesel 30%) y B30M10 (biodiesel 30% más metanol 10%), el resultado del torque a las 2500 rpm tal como indica la ficha técnica del vehículo son iguales para D y B30 considerando a la mezcla B30M10 como la que menos torque obtuvo (Zaglinskis et al., 2015).

Al realizar las pruebas en un motor diésel Robín DY23-2d nono cilíndrico de cuatro tiempos enfriado con aire y utilizando las mezclas de B5, B10 y B20 con diésel PEMEX, se determinó que el torque es inversamente proporcional es decir al mayor RPM el torque es menor en el rango de 1300 a 1900 RPM. El mayor torque del motor se obtuvo con la mezcla B10 a 1500 RPM de 3.6 Nm (Torres et al., 2015).

Al realizar las pruebas de torque y potencia con las mezclas B5, B10 y B30, usando

biodiesel proporcionado por la empresa ecuatoriana la fabril, la cual tiene procedencia de aceite vegetal el cual fue mezclado con diésel ecuatoriano, se obtuvo los siguientes resultados: los valores de potencia y de par motor en el biocombustible B30, fueron los resultados más estables y regulares de todos , ya que no presentaron picos de valores que difieran entre ensayos realizados, por otra parte se logró la comparación entre el diésel ecuatoriano y diésel colombiano obteniendo por resultado la notable diferencia en la baja cantidad de opacidad en ensayos estáticos y dinámicos (Gorki et al., 2016).

Al realizar las pruebas de par motor en un vehículo para verificar los resultados de cada una de las distintas mezclas usadas para esta investigación obtuvo que el diésel ecuatoriano tuvo mayor rendimiento del motor seguido por B5 (5% de biodiesel), luego estuvo B30 (30% de biodiesel) y finalmente B10 (10% de biodiesel), también se realizó una comparación con el diésel colombiano y este logro mantenerse por encima de cada una de las mezclas que contienen biodiesel (Reyes et al., 2016).

El incremento de la concentración de biodiesel a partir de aceite de cocina usado al realizar las respectivas mezclas define que existe la disminución de la potencia del motor y en la eficiencia térmica (Finesso & Spanessa, 2014).

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas muestran que el uso de la mezcla de biodiesel (B) y metanol (15%), mejoró en comparación con las del diésel (D), en lo relacionado con respecto a las tasas de contaminación como también directamente mejoró en la eficiencia térmica del freno del motor (Cheung et al., 2009).

Al usar un motor CUMMINS proveniente de un tracto camión. El motor es turbo alimentado con intercooler. Con un sistema de inyección de common rail. Al realizar sus pruebas utilizando tres tipos de mezclas diésel-biodiesel que son DB5, DB7.5 y DB10 para

los que los resultados obtenidos con respecto al consumo de combustible, está relacionado con los otros autores ya descritos anteriormente y en conclusión para esta prueba más se admitió el consumo de combustible a medida que se incrementa el porcentaje de biodiesel con los siguientes datos: el aumento del 4% para la velocidad de 1000 rpm y 4.5% para la velocidad 2000rpm datos obtenidos para la mezcla DB10. En lo relacionado con la potencia del motor se obtuvo un rendimiento de 41.5 kW a 2000 rpm y 37.5 kPa, llegando se a tener un valor mínimo de 5.30 kW y se obtuvo para 1000 rpm a 9.4 kPa. Los valores con la potencia efectiva son similares para los tres tipos e mezclas (Santivañez, 2016).

Al realizar las pruebas en automotor de modelo Jetta TDI del año 2005, con las diferentes mezclas de biodiesel parcialmente aumentadas, con las siguientes mezclas B20, B40, B50, B60, B80 , se logró obtener resultados con respecto al coeficiente de absorción de luz, siendo como límite máximo $1.07 m^{-1}$. Sus resultados obtenidos en las pruebas son los siguientes: B20 con $0.22 m^{-1}$, B40 con $0.17 m^{-1}$, B50 con $0.17 m^{-1}$, B60 con $0.07 m^{-1}$, B80 con $0.06 m^{-1}$. Notablemente se puede observar una reducción conforme se aumenta la cantidad de biodiesel en las mezclas, es decir está dado por una relación inversamente proporcional. La cantidad de $1.07 m^{-1}$ es igual al 37% de nivel de opacidad que es regida por la Norma Oficial Mexicana, donde se realizaron las pruebas del automotor. El biodiesel que se utilizó para las pruebas realizadas fue de sebo de res (Morones, 2006).

Al realizar las pruebas de opacidad usando una mezcla de biodiesel/diésel en el vehículo Mazda BT 50 con sistema CRDi, con un porcentaje del 5% de biodiesel determinado como B5, se realizaron un total de siete pruebas a un régimen de 1200, 1500, 2000, 25000 y 3000 RPM, a una temperatura del motor de 90°C. Se determinó que con el

uso de aceite rocino se disminuye considerablemente el porcentaje de opacidad.

Obteniendo como resultados a 1000 RPM es de 0.7% y a 3500 RPM de 5.2%. Las pruebas no fueron de igual resultado para el diésel, donde sus resultados son totalmente distintos y estos con un aumento notable, teniendo como resultados a 1200 RPM el 9.5% y a 3000 RPM el 12.8%. Si comparamos las dos mezclas la reducción es del 82% de opacidad en el régimen de 1000 y 3000 RPM, considerando el menor porcentaje de carbono es del biodiesel gracias a su mayor índice de cetano y lubricidad (Mafla et al., 2017).

Se realizó el estudio para determinar los niveles de opacidad con el uso de diésel fósil como también de biodiesel a base de higuierilla al 15% (B15). Las pruebas fueron realizadas en una camioneta marca Mazda modelo BT-50 año 2013, 4 cilindros con el sistema de inyección directa CRD-i. Las pruebas realizadas para cada combustible tuvieron siete repeticiones siendo para 1200 a 3000 RPM teniendo un aumento con intervalo de 500 RPM. Los resultados para el diésel común en 2500 RPM es de 11.9% y para 3000 RPM es de 12.8%, para la mezcla de biodiesel/diésel B15 los resultados fueron en 2500 RPM se obtuvo 0.47% y para 3000 RPM el resultado fue de 0.75%. Obteniendo como conclusión que la opacidad al usar biodiesel de mezcla B15 se observa una reducción del 96% con respecto al diésel fósil (Imbaquingo et al., 2017).

MÉTODO

La modalidad de la investigación estará basada en tomar un enfoque cuantitativo, se determinara las cantidades de las mezclas para usarse en los vehículos, se realizará una recolección de datos numéricos de las diferentes pruebas con lo cual se definirá que

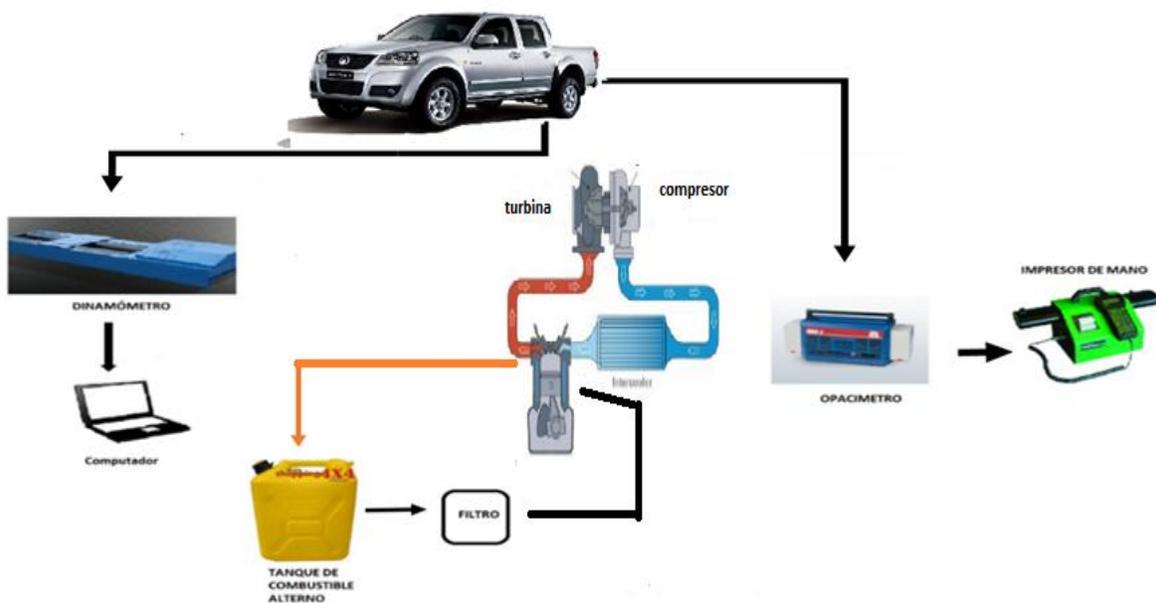


Figura 3. Grafica simulada de pruebas a realizar en los vehículos cantidad de mezcla con mejor resultado tanto en torque, potencia y opacidad.

Situación geográfica

Antes de comenzar con el procedimiento adecuado para la realización de las distintas pruebas, se toma en consideración la ubicación geográfica en la ciudad donde se realizó las pruebas en los vehículos automotores.

Las pruebas realizadas en los vehículos seleccionados se realizaron en la ciudad en de San Francisco de Quito, tomando como aspecto importante la altitud en la que se encuentra ubicada a nivel del mar, para este caso la ciudad de Quito se encuentra a 2850 metros sobre el nivel mar, debido a que forma parte de la Hoya de Guayllabamba, la cual está emplazada en las faldas orientales del volcán Pichincha que forma parte de la Cordillera de los Andes.

Mezclas biodiesel/diésel

En esta parte del documento se detalla la infraestructura tecnológica utilizada para la investigación analizando y comparando las diferentes pruebas de desempeño del vehículo sometido a las pruebas de torque, potencia y opacidad con las diferentes mezclas de biodiesel/diésel y aditivo. Sus porcentajes están representados de la siguiente manera: B10A (Biodiesel10%-Diésel 90%-Aditivo), B20A (Biodiesel 20%-diésel 80%-Aditivo).

A continuación se presentan las tablas 2, 3 y 4 respectivamente de la caracterización del biodiesel de aceite de frituras de cada una de las mezclas que van a ser utilizadas para las respectivas pruebas en los vehículos, los resultados completos se encuentran en el anexo A.

Tabla 2
Propiedades de caracterización del biodiesel de aceite de frituras

Muestra	Ensayo	Norma método	Unidad	Valor obtenido	Valor INEN Min/Max
Biodiesel	Densidad a 15°C	ASTM D1	kg/m ³	882	860/900
		1298-12b			
LPM 103-	Punto de inflamación	ASTM-D93	°C	170	120/-
SEP	Viscosidad cinética 40°C	ASTM-D445	mm ² /s	6.069	3.5/5
	Contenido de azufre	ASTM D4294-	mg/kg	6.6	--10

16

Índice de cetano calculado	ASTM D976-06	-	47.7	49/-
----------------------------	--------------	---	------	------

Tabla 3

Propiedades de caracterización de la mezcla B10 (10% biodiesel) con aditivo

Muestra	Ensayo	Norma método	Unidad	Valor obtenido	Valor INEN Min/Max
Biod.10%	Punto de inflamación	ASTM D93-16a	°C	61	51/-
LPM 105-SEP	Viscosidad cinética 40°C	ASTM-D445-15a	mm ² /s	3.459	2.0/5.0
	Contenido de azufre	ASTM D4294-16	ppm	119.75	-/500
	Índice de cetano calculado	ASTM D976-06	-	51.9	45.0/-

Tabla 4

Propiedades de caracterización de la mezcla B20 (20% biodiesel) con aditivo

Muestra	Ensayo	Norma método	Unidad	Valor obtenido	Valor INEN Min/Max
Biod.20%	Punto de inflamación	ASTM D93-16a	°C	64	51/-
LPM 107-SEP	Viscosidad cinética 40°C	ASTM D445-15a	mm ² /s	3.283	2.0/5.0
	Contenido de azufre	ASTM D4294-16	ppm	105.99	-/500
	Índice de cetano calculado	ASTM D976-06	-	52.5	45.0/-

Los elementos de medición de volumen para las respectivas mezclas de los combustibles se realizaron en probetas con las medidas de 500 y 100 ml como se muestra en la figura 4 y 5 proporcionadas por el laboratorio de termodinámica de la carrera de mecánica de la universidad SEK.



Figura 4. Probeta de 500 ml



Figura 5. Probeta de 100 ml

Los elementos que se utilizaron para realizar las distintas mezclas son: diésel, biodiésel. Se presenta los pesos de los elementos con un contenido de 500 ml en una balanza electrónica. Como se muestra en la figura 6 y 7 el peso mostrado por la balanza electrónica esta tomado después de haber sido encerado con la probeta de 500 ml.

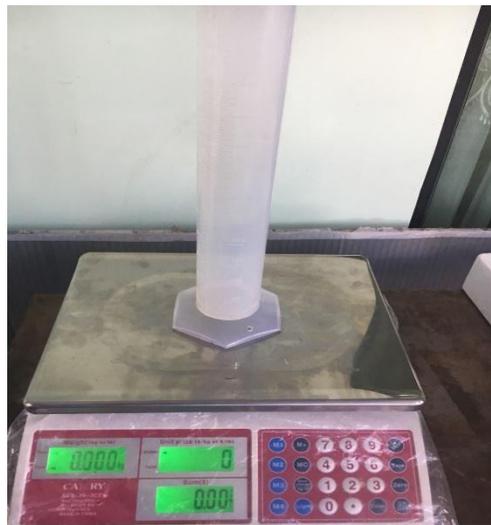


Figura 6. Probeta 500ml en balanza electrónica



Figura 7. Peso Diésel 500ml

Para obtener el peso del diésel en los 500 ml se realizó dos pruebas, las cuales están

presentadas en la tabla 5. Y se calculó la densidad del diesel considerando que si formula está dada por la masa dividida para su volumen.

Tabla 5
Pruebas de peso del diésel en la balanza electrónica

Prueba	Kilogramos (kg)
Prueba 1	0.229
Prueba 2	0.231
Promedio	0.230
DENSIDAD	$0.46 \frac{kg}{cm^3}$



Figura 8. Peso biodiesel 500ml

Para obtener el peso del biodiesel en los 500 ml se realizó dos pruebas, las cuales están presentadas en la tabla 6. Y se calculó la densidad del biodiesel considerando que si formula está dada por la masa dividida para su volumen.

Tabla 6
Pruebas de peso del biodiesel en la balanza electrónica

Prueba	Kilogramos (kg)
Prueba 1	0.241
Prueba 2	0.240

Promedio	0.240
DENSIDAD	$0.48 \frac{kg}{cm^3}$

Cantidad de las mezclas

La cantidad conveniente es de 10.000 ml para cada una de las mezclas debido a que se realizara tres repeticiones por cada una de las pruebas a realizarse en el vehículo automotriz.

Cálculo matemático B10.

Para B10 las cantidades fueron calculadas de forma matemática y se planteó de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r} 10.000 \text{ ml} \quad 100\% \\ X_{10} \quad 10\% \end{array}$$

Entonces:

$$X_{10} = \frac{10.000 \text{ ml} * 10 \%}{100 \%}$$

$$X_{10} = 1.000 \text{ ml.}$$

Realizamos la sumatoria del 100 %.

$$X_{100\%} = X_{90\%} + X_{10\%}$$

$$X_{100\%} = 9.000 \text{ ml} + 1.000 \text{ ml}$$

$$X_{100\%} = 10.000 \text{ ml}$$

La cantidad total de la mezcla de B10 se realizó con las siguientes repeticiones presentadas en la tabla 7, tomando en cuenta que usamos la probeta de 500 ml hasta completar la cantidad total.

Para completar la cantidad total se realizaron dieciocho (18) porciones de 500 ml

de diésel y dos (2) porciones de 500 ml de biodiesel.

Cálculo matemático B20.

Para B20 las cantidades fueron calculadas de forma matemática de la siguiente manera:

Planteo:

$$\begin{array}{r} 10.000 \text{ ml} \quad 100\% \\ X_{20} \quad \quad 20\% \end{array}$$

Entonces:

$$X_{20} = \frac{10.000 \text{ ml} * 20 \%}{100 \%}$$

$$X_{20} = 2.000 \text{ ml}.$$

Realizamos la sumatoria del 100 %.

$$X_{100\%} = X_{80\%} + X_{20\%}$$

$$X_{100\%} = 8.000 \text{ ml} + 2.000 \text{ ml}$$

$$X_{100\%} = 10.000 \text{ ml}$$

La cantidad total de la mezcla de B20 se realizó con las siguientes repeticiones presentadas en la tabla 8, tomando en cuenta que usamos la probeta de 500 ml hasta completar la cantidad total.

Para completar la cantidad total se realizaron dieciocho (16) porciones de 500 ml de diésel y dos (4) porciones de 500 ml de biodiesel.

Calculo del Aditivo.

Considerando que el aditivo es un elemento que mejora y optimiza la combustión del diésel, hay que considerar que tiene ventajas al momento de usarlo tales como ahorra

combustible, eleva la potencia del motor, mantiene limpio los inyectores y el tanque de combustible y como característica principal disminuye el humo y las emisiones provocadas por los vehículos de motor diésel, siendo un elemento adicional a las mezclas con los diferentes porcentajes de biodiesel, se procede a calcular la cantidad necesaria para los 10.000 ml. Debido a que se trabajara con la misma cantidad de las mezclas ya realizadas anteriormente para B10 y B20.



Figura 9. Aditivo motores diesel

La cantidad exacta es calculada de acuerdo a las especificaciones que nos muestra en la parte posterior del aditivo usado, y se realizó los cálculos de la siguiente manera.



Figura 10. Indicaciones de dosificaciones aditivo

Dentro de las indicaciones del aditivo a usarse, se encontró las dosificaciones especificadas de la siguiente manera:

- 125 ml dosifica hasta 16 galones

Siendo:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ gal} \quad 3.785 \text{ ml} \\ 16 \text{ gal} \quad X \end{array}$$

Entonces

$$X = \frac{16 \text{ gal} * 3.785 \text{ ml}}{1 \text{ gal}}$$

$$X = 60.560 \text{ ml}$$

Finalmente se concluye que para 125 ml dosifica hasta 60.560 ml.

Por lo tanto

$$\begin{array}{l} 125 \text{ ml} \quad 60.560 \text{ ml} \\ X_A \quad 10.000 \text{ ml} \end{array}$$

$$X_A = \frac{125 \text{ ml} * 10.000 \text{ ml}}{60.560 \text{ ml}}$$

$$X_A = 20,6 \text{ ml}$$

La cantidad expresada como X_A es la necesaria de aditivo para adicionar a las mezclas y obtener B10A y B20A.

Se presenta el peso en la balanza electrónica de la cantidad ya especificada para adicionar en las mezclas ya nombradas anteriormente, de igual manera que se realizó los procesos con el diésel y biodiesel, el peso mostrado en la balanza electrónica es tomado

después de ser encerado con la probeta de 100 ml.



Figura 11. Probeta de 100 ml en balanza electrónica



Figura 12. Peso aditivo 20.6 ml



Figura 13. Colores de mezclas B10A y B20A

Con la mezcla de combustible de diésel, biodiesel a partir de aceites de fritura y aditivo para cada una de las mezclas B10A y B20A, se procede almacenar en un recipiente adecuado para realizar las pruebas de torque, potencia y opacidad.



Figura 14. Mezcla 10.000 ml

Equipo y procedimientos de pruebas

Las características técnicas de los vehículos que fueron elegidos para realizar las pruebas están representadas las tablas 7 y 8 especificando sus datos técnicos datos importantes para la verificación de resultados de las distintas pruebas.

Vehículo Great Wall Wingle 5.

Tabla 7
Especificaciones técnicas del vehículo Wingle 5

Vehículo	Wingle 5 Cabina Doble Diésel
Largo X Ancho X Alto (mm)	5040 x 1800 x 1730
Motor	Motor 2.8 L con tecnología Turbo

	Diésel
Potencia (KW/rpm)	70/3600
Torque Máximo (Nm/rpm)	225/1800 – 2000
Suspensión Frontal	Barra de torsión
Suspensión Posterior	Ballestas
Frenos	Frenos de disco delanteros, frenos posteriores de tambor.

Vehículo Mazda BT-50.

Tabla 8

Especificaciones técnicas del vehículo Mazda BT-50

Vehículo	Mazda BT-50 Doble Cabina 2.5L 4x4 Di 2015
Combustible:	Diésel
Cilindrada:	2499 cc
Potencia	105/3500 KW/rpm
Torque Máximo	330/1800 N·m/rpm
Suspensión Frontal	independiente, doble brazo con barra de torsión
Suspensión Posterior	eje rígido con 5 eslabones y amortiguadores
Frenos (del – tras)	discos ventilados - tambor

Dinamómetro.

El dinamómetro empleado para realizar las pruebas es un Dynomite 3000-Lite 2WD IO Chassis Dyno de origen Norteamericano del país de Estados Unidos exactamente, que contiene rodillos como elemento principal. Que ofrece distintas posibilidades de diagnóstico en la simulación de carga. El dinamómetro consta con un software que crea un tablero de instrumentos del vehículo completo en la PC y también puede ser en un computador portátil (Rocha y Zambrano, 2015). El software implementado nos ofrece diagnosticar los siguientes parámetros:

- Pantallas y registro cierto ilimitado Hp, torque, rpm.
- Visualización en tiempo real de gráficos de traza.
- Advertencia de alarmas ajustable de límite.
- Los controles de botón pulsador.
- El usuario analógico configurable y rangos de medidores digitales.
- Gráficos en color.
- Base de datos de prueba de informe.
- Los puntos de activación Smart Record.
- Múltiples opciones de datos de importación / exportación.
- La encendido del sistema es semiautomático.
- Alarmas de voz en todos los indicadores.

Las características del dinámetro están presentadas a continuación en la tabla 9.

Tabla 9

Especificaciones técnicas del Dinamómetro usado para las pruebas de los combustibles

Marca	Dynomite
Modelo	<i>3000-Lite 2WD IO Chassis Dyno</i>
Software	DYNO-MAX software
Diámetro del rodillo	30in. [76.2cm]
Requisitos de voltaje	120 voltios, 60 Hz AC
Capacidad HP	10 a 1,350 Hp
Velocímetro Dyno (distancia)	<i>0.0 - 255.0 MPH [0.0 - 410.0 km/h]</i>
Rango de velocidad segura (deformación del neumático limitada)	<i>10 - 137 MPH (186sr /1.5^{0.5}in deformación) [16 - 220 km/h]</i>
Ancho de pista (máx. / min) del rodillo	<i>96in. [244 cm] máximo, 21in. [53 cm] mínimo</i>
Capacidad de peso del eje	10,000 libras [4,526 kg] (por eje)
Ancho	112in. [284 cm]
Longitud	38in. [97 cm]

Alto (en la plataforma de rollo / rampa)	30in. [76 cm]
Altura (general)	32½in. [83 cm]
Peso	4,800 libras [2,177 kg]

Imagen

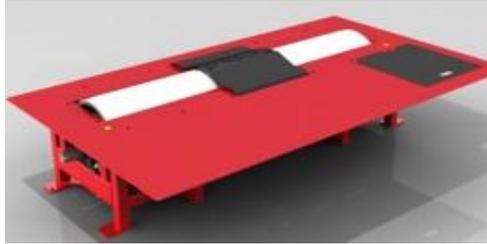


Figura 15. Vehículo 1 en el banco de pruebas



Figura 16. Vehículo 2 en el banco de pruebas

Para poder realizar las pruebas en el banco de rodillos se realizó una inspección en los vehículos para poder concluir las pruebas sin ninguna novedad, estas pruebas consistían en:

- Verificación visual y perceptiva de los conductos de aceite, agua y

combustible que se encuentren completamente cerrados y no existan ninguna fuga.

- Control visual del vehículo para la respectiva localización de los puntos adecuados para someter al vehículo con completa seguridad al dinamómetro.
- Revisión de los niveles de aceite y del agua refrigerante.
- Constatación del estado de los neumáticos, debido que son los principales elementos del vehículo para la sujeción de los pernos en las mismas.

Después de realizar la inspección adecuada a cada vehículo se realizó las pruebas necesarias en el dinamómetro siguiendo los pasos a continuación de tallados:

- Llevar al vehículo al dinamómetro con las debidas precauciones según las indicaciones de la persona encargada para realizar las pruebas.
- Ubicar correctamente las ataduras de seguridad al vehículo ya montado en el rodillo y realizar la verificación de las mismas oportunamente.
- Al realizar las pruebas de torque y potencia los parámetros exigidos por el sistema del dinamómetro son significantes para la repetición de las pruebas a efectuarse con cada una de las mezclas de biocombustibles previamente en el vehículo como indica la figura 15en.
- El control de la presión del turbo dentro del vehículo, es un factor importante para lo cual se emplea un acople al turbo como indica la figura 16, para poder asociar la presión del turbo con respecto a la que está trabajando al inicio de realizar las pruebas de potencia y torque.

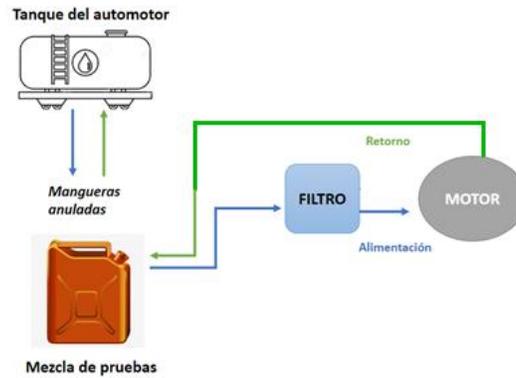


Figura 17. Sistema de cambio de combustibles en las pruebas



Figura 18. Acople de presión asociado al turbo del vehículo

- En la figura 19 se observa parte frontal del vehículo se coloca un ventilador, tomándolo como un servidor de alcance de flujo máximo de aire, es decir la ventilación proporcionada del ventilador sirve para la refrigeración mientras

se realiza
potencia.

las pruebas de torque y

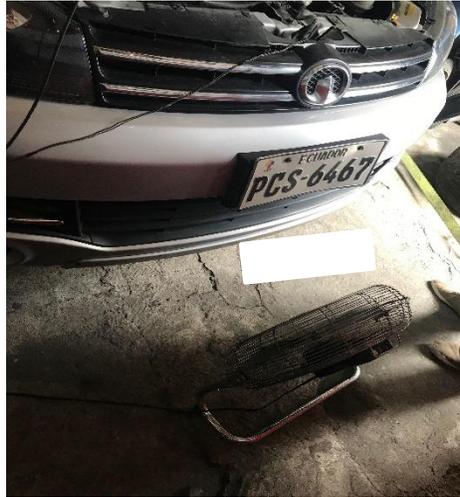


Figura 19. Ventilación de vehículo en las pruebas

- Posteriormente se procede a colocar los datos y características necesarios del vehículo en el sistema interno solicitados por el dinamómetro para la realización de las pruebas respectivas como indica la figura 20.

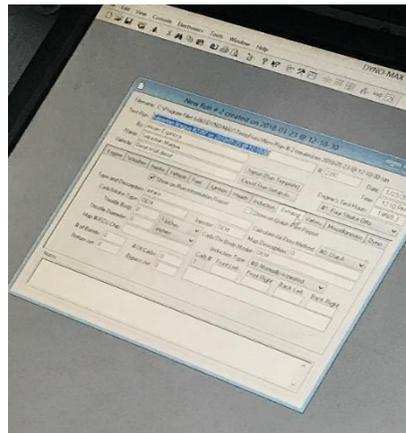


Figura 20. Datos característicos del vehículo

- La prueba de torque y potencia es una medición en las ruedas montadas sobre el dinamómetro, pero existe una particularidad muy importante en el dinamómetro de tal forma que la potencia tomada por la ruedas es

transformada internamente por el sistema del dinamómetro para obtener resultados estrictamente correspondientes al motor.

- En Al realizar las pruebas se considera importante la presión de turbo instalado en el vehículo de sistema de inyección diésel como se observa en la figura 21.

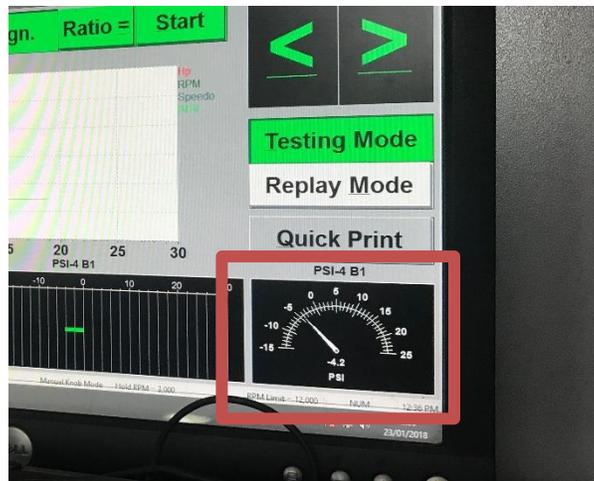


Figura 21. Presión de trabajo del turbo

- El sistema del dinamómetro realiza las mediciones a través de las revoluciones por minuto (rpm), tomando en consideración principal que el relantí del vehículo está entre 800 a 900 (rpm) las gráficas otorgadas por el dinamómetro no empezaran desde cero. Para la prueba y datos estadísticos en el vehículo se llegó como revoluciones máximas hasta 4000 (rpm) basándose en la ficha técnica designada por la empresa fabricante de cada vehículo.



Figura 22. Revoluciones por minuto máximo en pruebas

- Para visualizar la prueba de torque y potencia se consideró un factor importante el tiempo de estabilizar a las revoluciones del vehículo ya en el dinamómetro y también el tiempo promedio de 15 segundos aproximadamente para lograr llegar a la revolución límite con la cual se aprecia las curvas generadas del vehículo y reflejadas en el monitor del dinamómetro.



Figura 23. Vehículo 1 en prueba

- Desarrollar un registro adecuado de los datos obtenidos en el dinamómetro con cada uno de las mezclas de combustible realizadas en los vehículos automotrices.

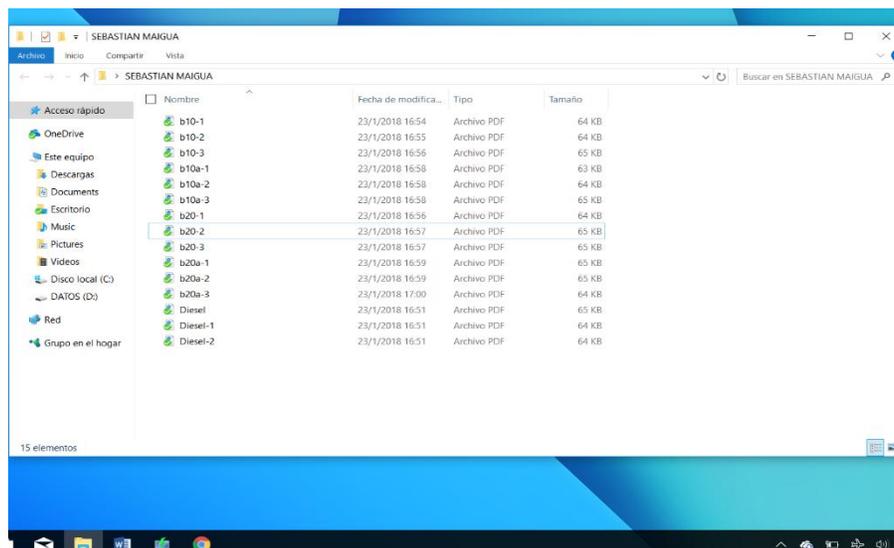


Figura 24. Resultados preliminares de torque y potencia

Analizador de opacidad.

El analizador de opacidad utilizado para realizar las pruebas es de marca MAHA, modelo MDO2-LON y de procedencia alemana. Es un equipo que contiene un terminal de mano, es el encargado de la diagnosis de la opacidad de los gases mediante corriente de flujo parcial con libre aceleración. La descripción del opacímetro se referencia mediante los siguientes parámetros:

- Captación instantánea o continua de los calores medidos.
- Sensor de temperatura integrado
- Calefacción de la cámara de medición de alta potencia.
- Célula de medición de la opacidad con óptica de conexión.
- Sonda de medición de gases de turismos, con manguera de 1,5 metros.
- Terminal de mano con indicador LCD (2 líneas), impresora y 5m de cable de conexión.

Los datos técnicos del opacímetro en el que se realizó las pruebas están especificados en la tabla 10, presentada a continuación:

Tabla 10

Especificaciones técnicas del opacímetro usado para las pruebas de los combustibles

Principio de medición	Absorción fotométrica
Longitud de onda de la luz proyectada	567 nm
Longitud de la célula de medición	430 mm
Diámetro int/ext. cámara medición	28 mm / 25 mm

Tiempo de calentamiento aprox. de la célula de medición	180 s
Tensión de a bordo	12 V / 24 V
Consumo de potencia medio/ máx.	0,11 kW / 0,13 kW
Alimentación de corriente	1/N/PE 230 V 50 Hz
Dimensiones totales (La x An x Al)	245 mm x 55 mm x 125 mm
Peso	13 kg
Procesador Single-Chip	Hitachi H8/532
Pantalla LCD	2x16 dígitos
Intervalo de medición opacidad	0 - 100 %
Área de medición coeficiente de absorción	1 - 9,99 m-1
Dimensiones terminal de mano (LxAIxAn)	245 mm x 550 mm x 230 mm
Peso de terminal de mano	0,76 kg
Alimentación de corriente mediante opacímetro	12 V
Consumo de potencia medio/ máx.	0,25 A / 0,5 A
Posibilidades conexión	Pinza piezoeléctrica para medición RPM Captador inductivo, Captador temperatura aceite



Figura 25. Opacímetro MAHA

El procedimiento para realizar la medición de opacidad en los vehículos estuvo

fundamentado en los siguientes pasos:

- Verificación visual del color de humo del vehículo.
- Se procede a realizar la conexión del equipo a la toma de energía de 110Vac.
- Insertar los datos del vehículo mediante el terminal de mano.



Figura 26. Terminal de mano del opacímetro

- Colocar la sonda del opacímetro de flujo total fin de línea en el tubo de escape. Su nombre está dado debido a ubicación de la sonda al final del tubo de escape del vehículo.



Figura 27. Sonda lambda conectada al tubo de escape

- Esperar que el terminal de mano nos avise para empezar con el test de libre aceleración y realizar las repeticiones respectivas para cada uno de los



Figura 28. Vehículo 1 y 2 en pruebas de opacidad

combustibles.

- Realizar la correcta recolección de los porcentajes proporcionados por la impresora de del terminal de mano.

Software de análisis de datos estadísticos y grafico

Al finalizar las pruebas se procede con la recolección respectiva de cada uno de los datos determinados por las pruebas, para lo que se pensó en utilizar el software de análisis estadístico “STARGRAPHICS Centurion” con la versión 16.1.18 (32-bits) para que es considerada una potente herramienta de análisis de datos que combina una amplia gama de procedimientos analíticos con gráficos no comúnmente proporcionados por algún programa de office de un computador normal, se consideró importante usar el programa

para la discusión de resultados. A continuación en la tabla 11 se presenta la literatura de tratamientos estructurada para el análisis de cada uno de los casos.

Tabla 11

Estructura de la literatura de los tratamientos del programa STARGRAPHICS

Tratamientos	Designación	Vehículo	Combustible
T1	V1C1	Great Wall	Diésel 100%
T2	V1C2	Great Wall	B10A
T3	V1C3	Great Wall	B20A
T4	V2C1	Mazda	Diésel 100%
T5	V2C2	Mazda	B10A
T6	V2C3	Mazda	B20A

Los tratamientos serán nombrados de la misma manera para cada una de las pruebas que se van a realizar, es decir para potencia, torque y opacidad. Considerando el vehículo y el tipo de combustible que se va a usar para determinar cada tratamiento ya especificado anteriormente.

RESULTADOS

Pruebas de torque y potencia

Después de realizar las pruebas en el dinamómetro del centro automotriz “Dinamyca Competicion”, los resultados obtenidos son parámetros característicos del motor de las camionetas Great Wall Wingle 5 (vehículo 1) y Mazda BT-50 (vehículo 2) con diésel puro y las distintas mezclas de biodiesel en porciones de 10% y 20% incluido aditivo R-2 para cada una de los porcentajes, los resultados presentados a continuación

están basados en las tablas del anexo B.

Diésel 100%.

Vehículo 1.

En la figura 29 se observa la primera prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 70,4 KW a una revolución de 2600 rpm, y el torque máximo es de 268,2 N.m a 2400 rpm.

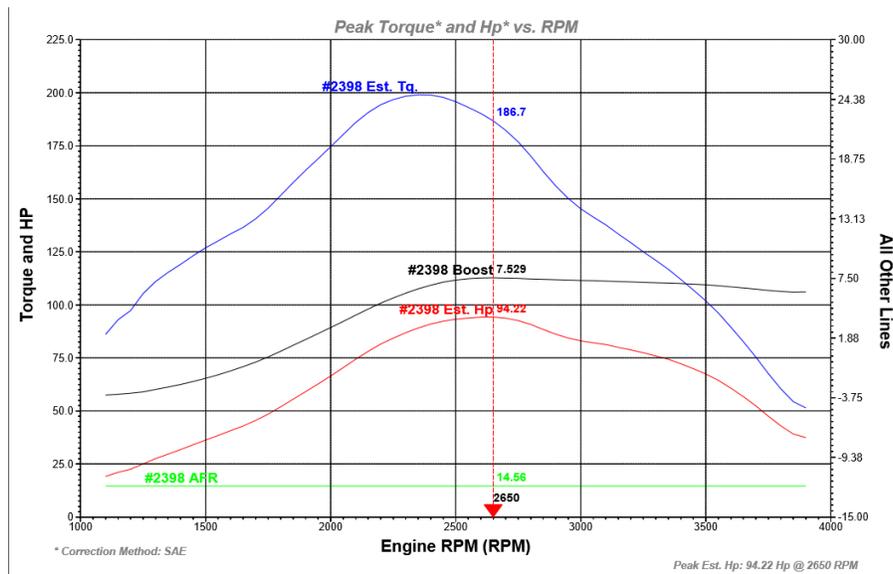


Figura 29. Prueba N°1 de torque y potencia con diésel 100%

En la figura 30 se observa la segunda prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 70,6 KW a una revolución de 2600 rpm, y el torque máximo es de 269,3 N.m a 2400 rpm.

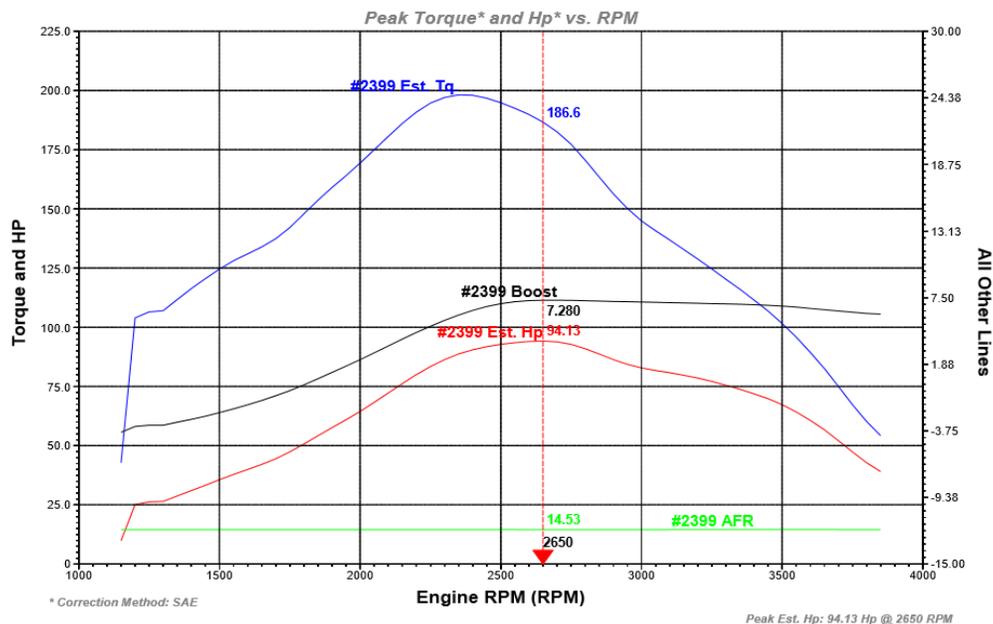


Figura 30. Prueba N°2 de torque y potencia con diesel 100%

En la figura 31 se observa la relación de potencia del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su potencia máxima se encuentra entre el rango de 2600-2700 rpm.

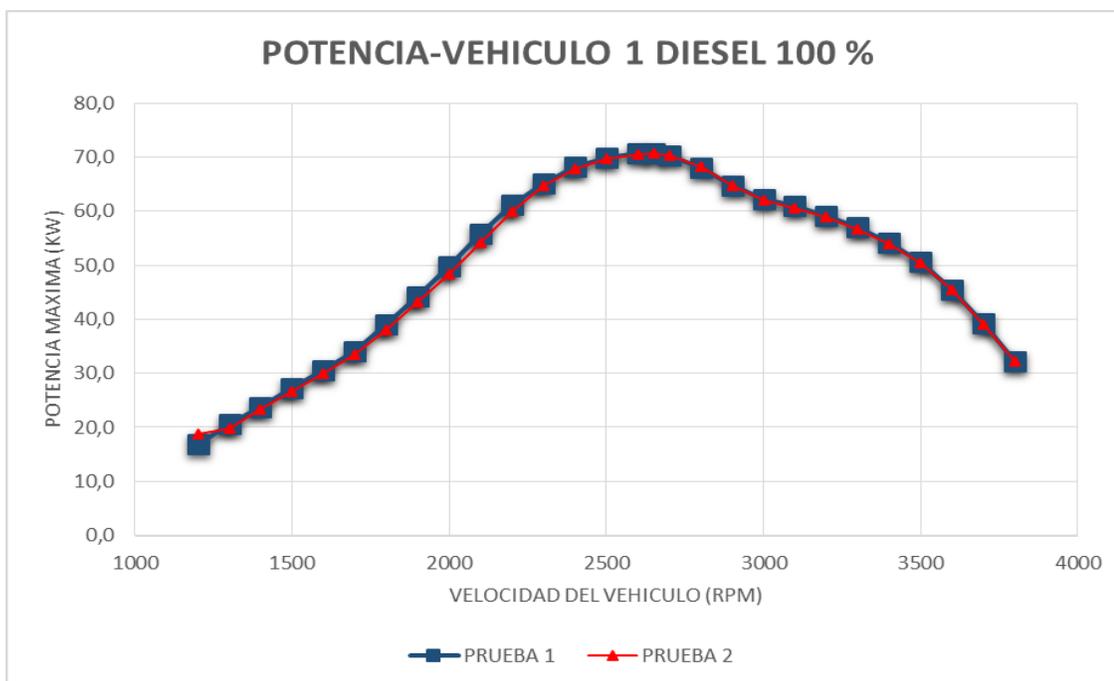
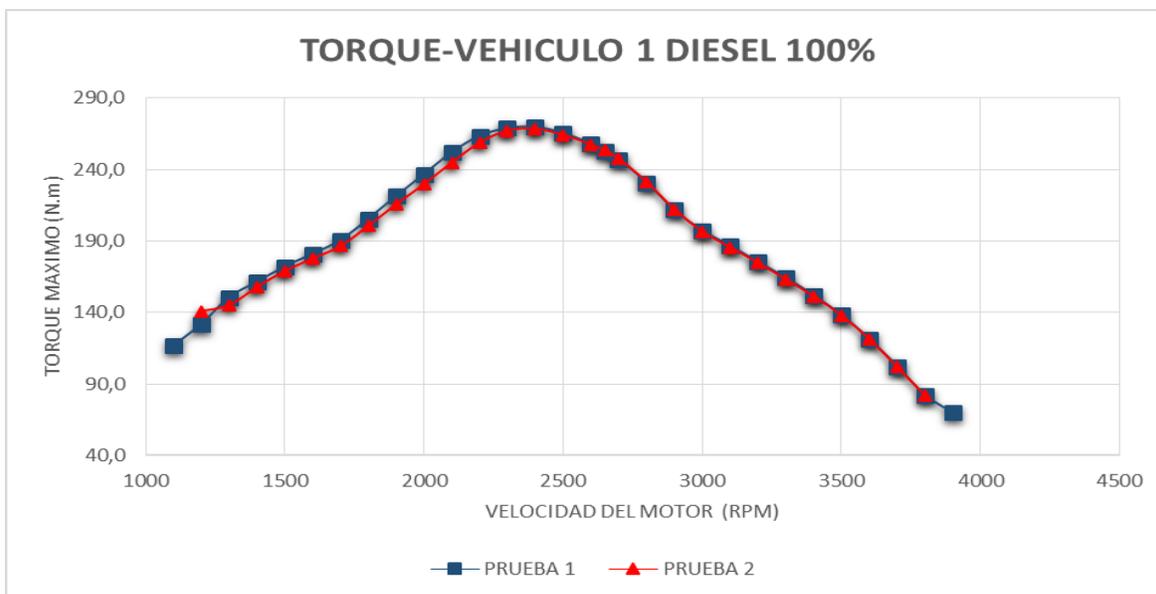


Figura 31. Pruebas de potencia diésel 100% vehículo 1

En la figura 32 se observa la relación de torque del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su torque



máximo se encuentra entre el rango de 2300-2500 rpm.

Figura 32. Pruebas de torque diésel 100% vehículo 1

En la tabla 12 se presentan los resultados exactos de torque y potencia de las pruebas realizadas en el vehículo 1 con diésel 100%, obteniendo como resultado promedio en las pruebas de torque 268,7 (N.m) a 2400 rpm y el resultado de potencia es de 70,5 (KW) a 2600 rpm.

Tabla 12

Resultados de las pruebas de torque y potencia del vehículo 1 con diésel 100%

Prueba	Torque (N.m)	Potencia (KW)
Prueba 1	268,2	70,4
Prueba 2	269,3	70,6
Promedio	268,7	70,5

Vehículo 2.

En la figura 33 se observa la primera prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 89,8 KW a una revolución de 4300 rpm, y el torque máximo es de 223,8 N.m a 3400 rpm.

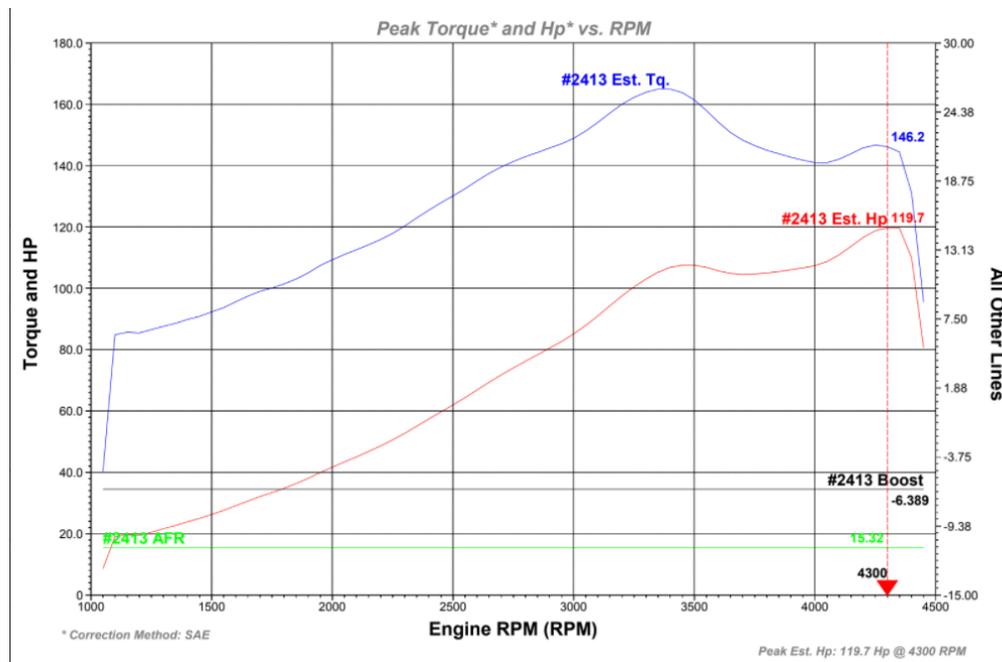


Figura 33. Prueba N°1 de torque y potencia con diésel 100%

En la figura 34 se observa la segunda prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 93,5 KW a una revolución de 4300 rpm, y el torque máximo es de 225,6 N.m a 3400 rpm.

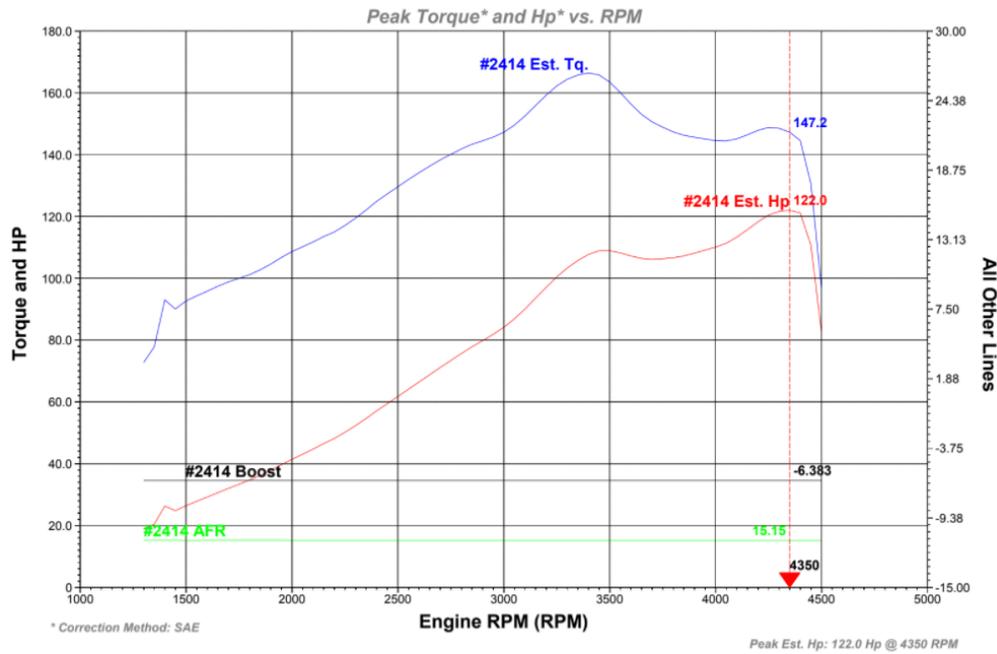


Figura 34. Prueba N°2 de torque y potencia con diésel 100%

En la figura 35 se observa la tercera prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 92,6 KW a una revolución de 4300 rpm, y el torque máximo es de 227,8 N.m a 3400 rpm.

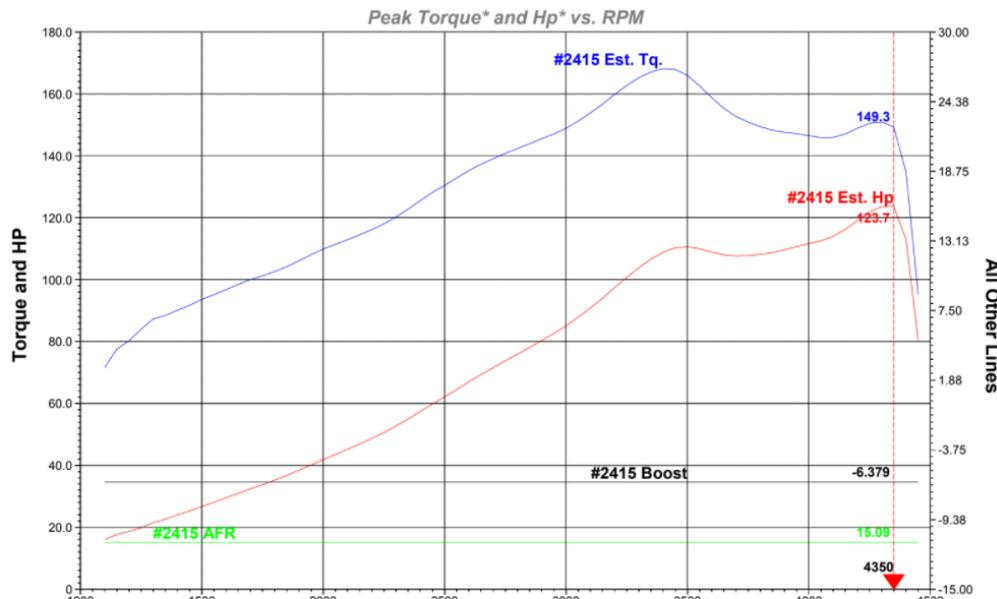
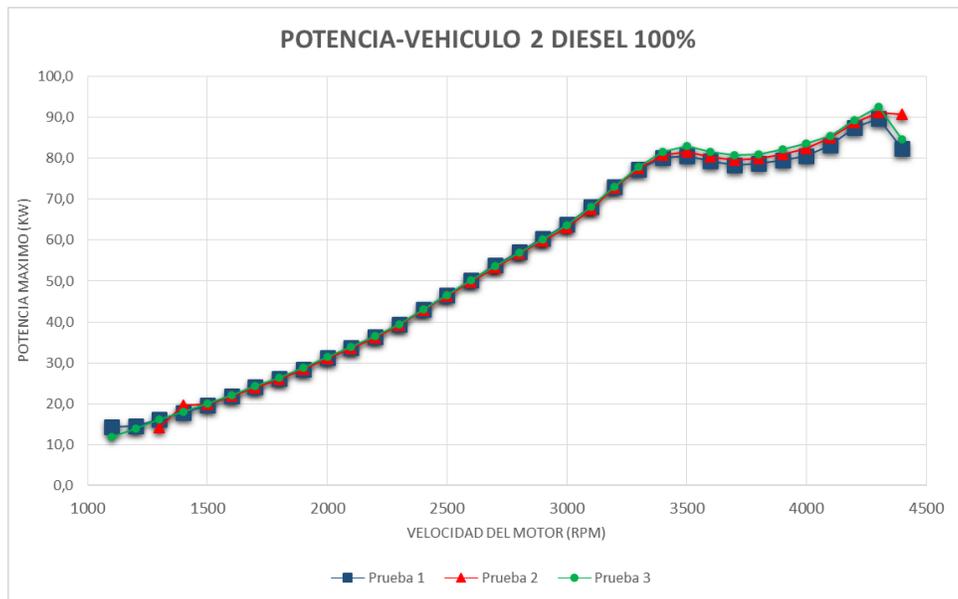


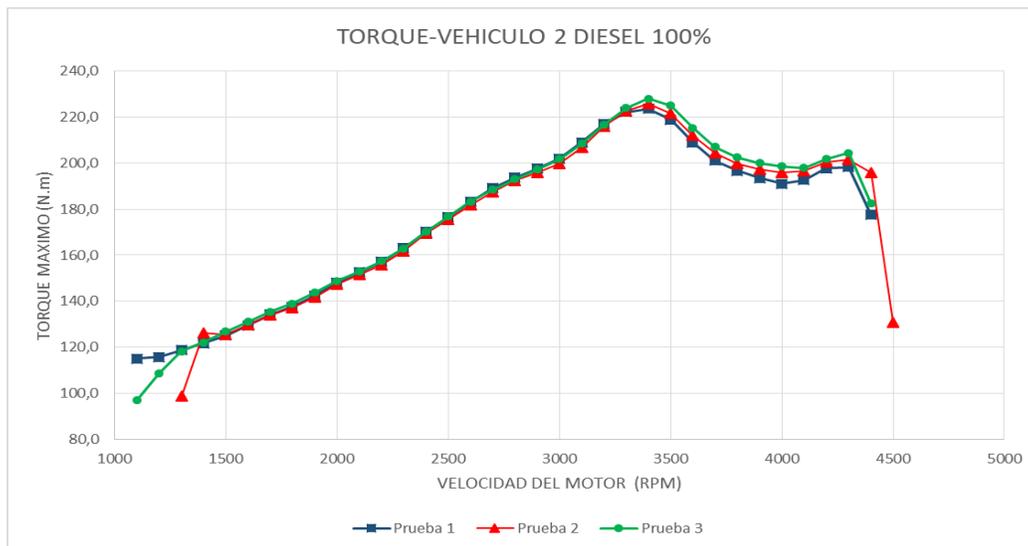
Figura 35. Prueba N°3 de torque y potencia con diésel 100%

En la figura 36 se observa la relación de potencia del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su potencia máxima se encuentra entre el rango de 4200-4400 rpm.

Figura 36. Prueba de potencia vehículo 2 diésel 100%



En la figura 37 se observa la relación de torque del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su torque



máximo se encuentra entre el rango de 3300-3500 rpm.

Figura 37. Prueba de torque vehículo 2 diésel 100%

En la tabla 13 se presentan los resultados e de torque y potencia de las pruebas realizadas en el vehículo 2 con diésel 100%, obteniendo como resultado promedio en las

pruebas de torque 225,7 (N.m) a 3400 rpm y el resultado de potencia es de 91,2 (KW) a 4300 rpm.

Tabla 13

Resultados de las pruebas de torque y potencia del vehículo 2 con diésel 100%

Prueba	Torque (N.m)	Potencia (KW)
Prueba 1	223,8	89,8
Prueba 2	225,6	91,2
Prueba 3	227,8	92,6
Promedio	225.7	91.2

Diésel 90% Biodiesel 10% con Aditivo (B10A).

Vehículo 1.

En la figura 38 se observa la primera prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 69,8 KW a una revolución de 2600 rpm, y el torque máximo es de 259,9 N.m a 2400 rpm.

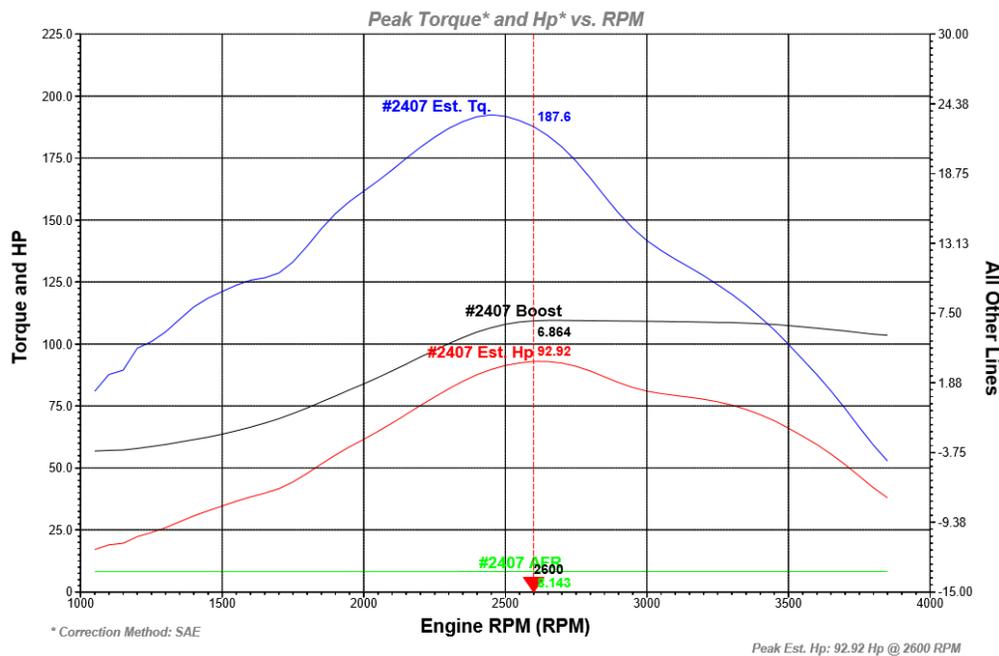


Figura 38. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo

En la figura 39 se observa la segunda prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 69,2 KW a una revolución de 2600 rpm, y el torque máximo es de 263,8 N.m a 2400 rpm.

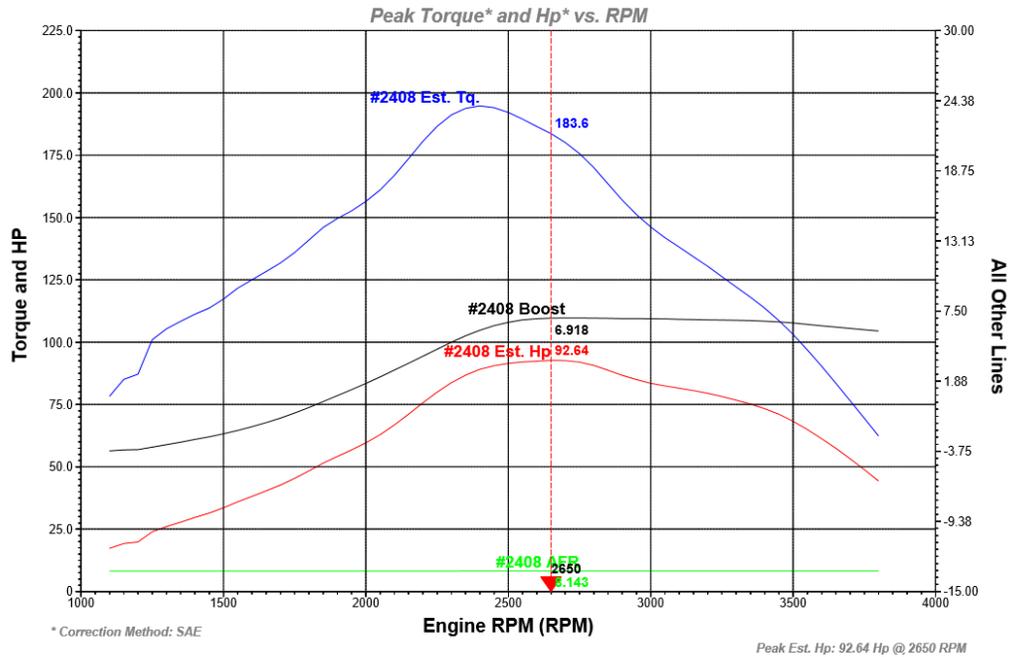


Figura 39. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo

En la figura 40 se observa la tercera prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 69,7 KW a una revolución de 2600 rpm, y el torque máximo es de 263,3 N.m a 2400 rpm.

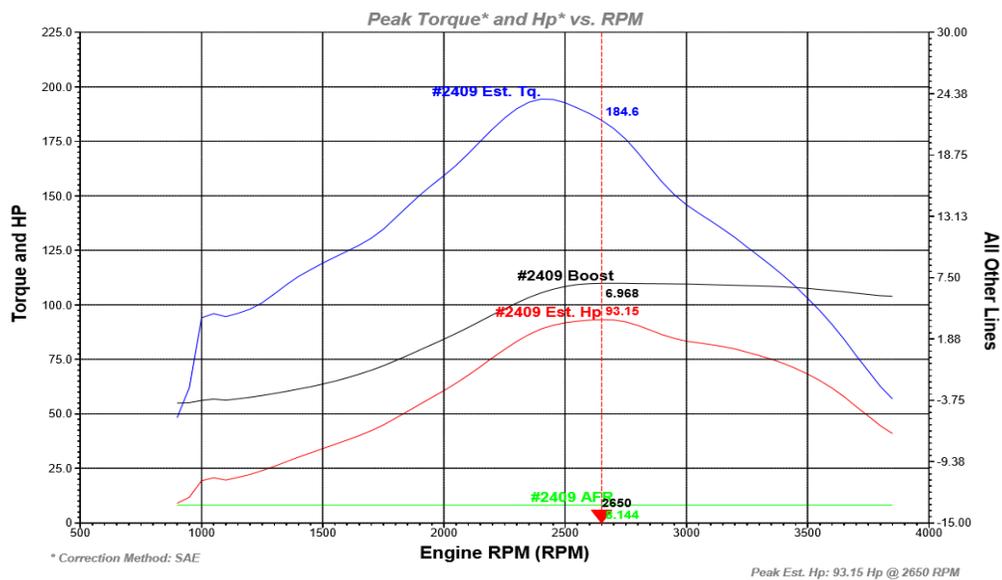


Figura 40. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo

En la figura 41 se observa la relación de potencia del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su potencia máxima se encuentra entre el rango de 4050-2700 rpm.

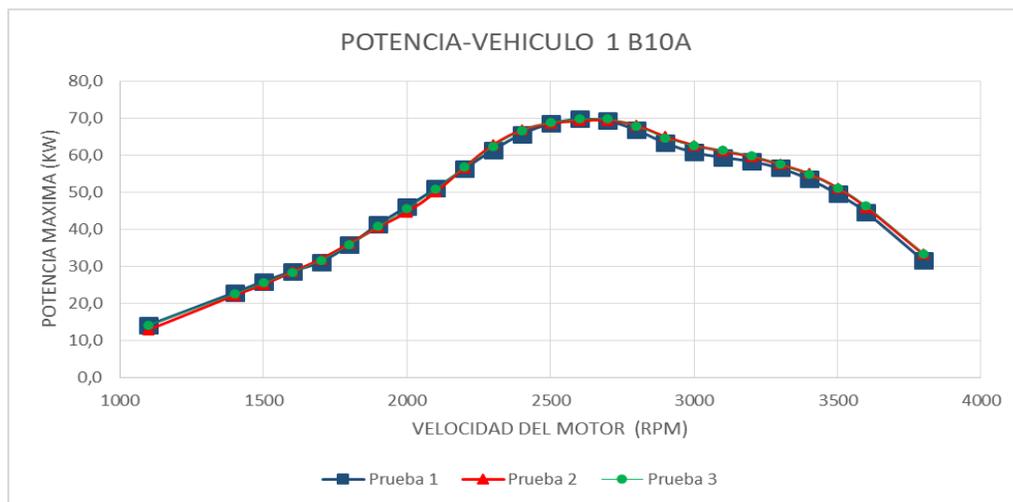
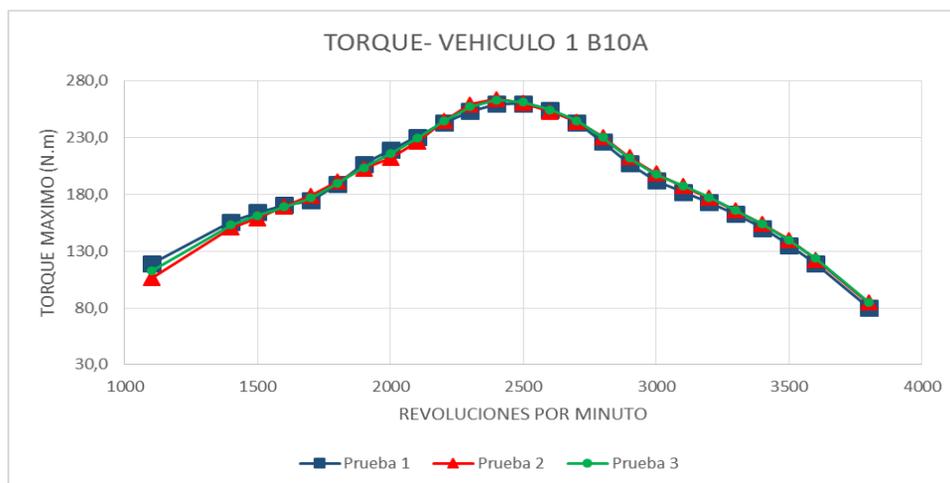


Figura 41. Prueba de potencia vehículo 1 B10A

En la figura 42 se observa la relación de torque del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su torque



máximo se encuentra entre el rango de 2300-2500 rpm.

Figura 42. Prueba de torque vehículo 1 B10A

En la tabla 14 se presentan los resultados de torque y potencia de las pruebas realizadas en el vehículo 1 con diésel 90% y biodiésel 10% con aditivo, obteniendo como resultado promedio en las pruebas de torque 262,3 (N.m) a 2400 rpm y el resultado de potencia es de 69,2 (KW) a 2600 rpm.

Tabla 14

Resultados de las pruebas de torque y potencia vehículo 1 con biodiésel 10% y aditivo

Prueba	Torque (N.m)	Potencia (KW)
Prueba 1	259,9	69,7
Prueba 2	263,8	69,2
Prueba 3	263,3	69,7
Promedio	262,3	69,5

Vehículo 2.

En la figura 43 se observa la primera prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 91,2 KW a una revolución de 4100 rpm, y el torque máximo es de 232,8 N.m a 3600 rpm.

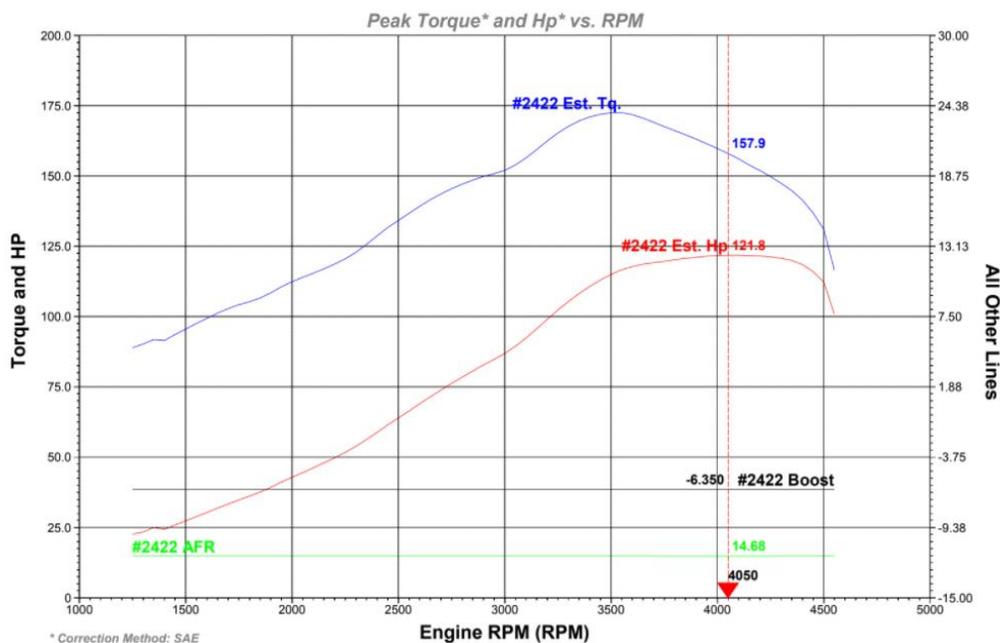


Figura 43. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo

En la figura 44 se observa la segunda prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 89,6 KW a una revolución de 4150 rpm, y el torque máximo es de 218,0 N.m a 3400 rpm.



Figura 44. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo

En la figura 45 se observa la tercera prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 93,5 KW a una revolución de 4100 rpm, y el torque máximo es de 224,6 N.m a 3600 rpm.

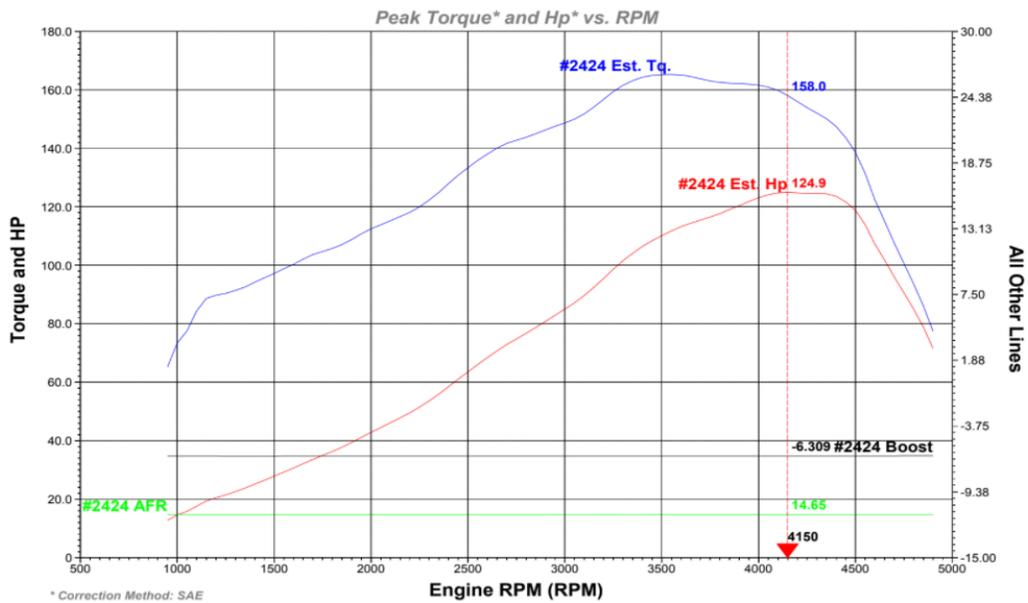
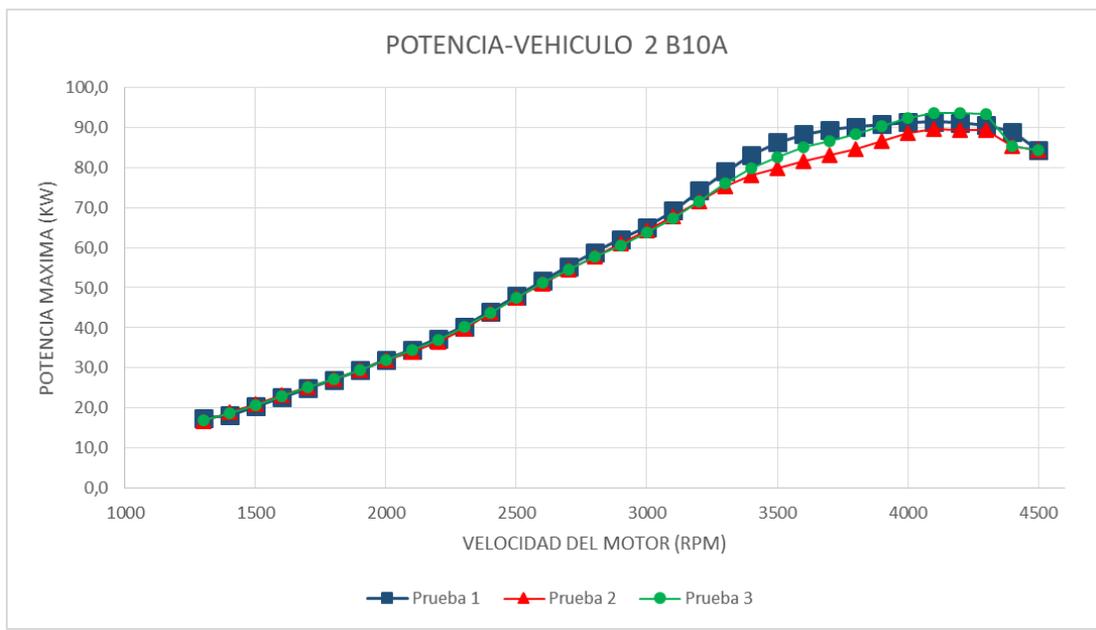


Figura 45. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 10% y aditivo



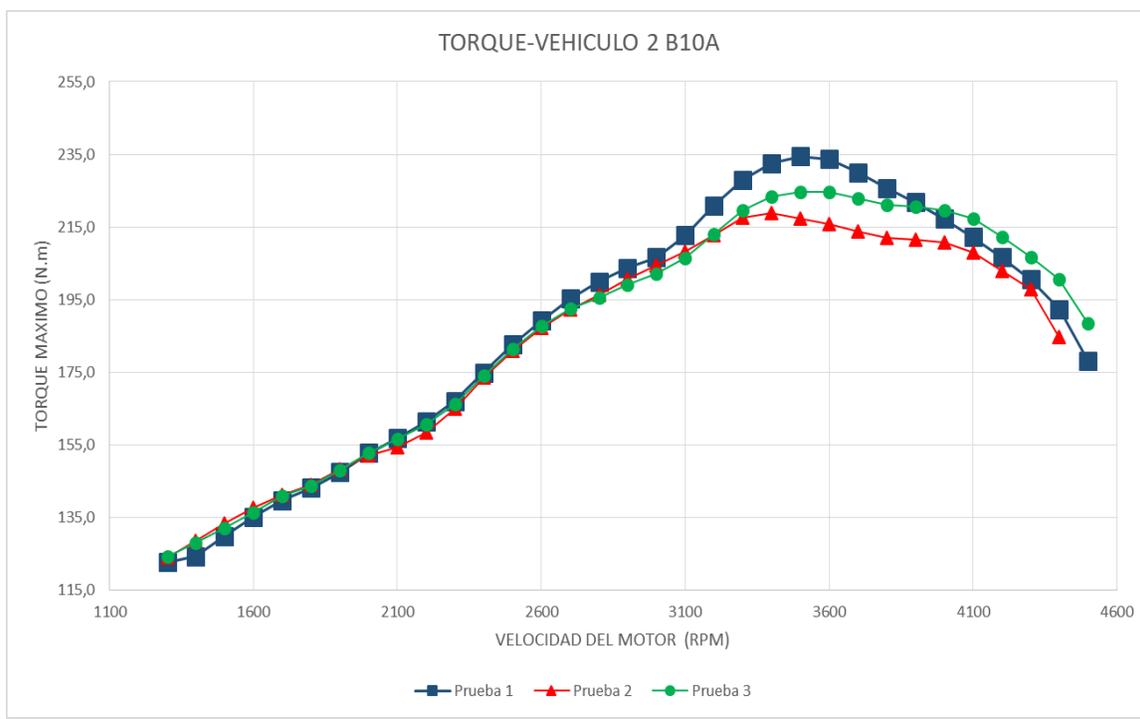
E

n
l
a

figura 46 se observa la relación de potencia del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su potencia máxima se encuentra entre el rango de 4000-4100 rpm.

Figura 46. Prueba de potencia vehículo 2 B10A

En la figura 47 se observa la relación de torque del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde



claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su torque máximo se encuentra entre el rango de 3500-3600 rpm.

Figura 47. Prueba de torque vehículo 2 B10A

En la tabla 15 se presentan los resultados de torque y potencia de las pruebas realizadas en el vehículo 2 con diésel 90% y biodiesel 10% con aditivo, obteniendo como resultado promedio en las pruebas de torque 225,1 (N.m) a 3600 rpm y el resultado de potencia es de 91,4 (KW) a 4100 rpm.

Tabla 15

Resultados de las pruebas de torque y potencia vehículo 2 con biodiesel 10% y aditivo

Prueba	Torque (N.m)	Potencia (KW)
Prueba 1	232,8	91,2
Prueba 2	218,0	89,6
Prueba 3	224,6	93,5
Promedio	225,1	91,4

Diésel 80% Biodiesel 20% y aditivo (B20A).

Vehículo 1.

En la figura 48 se observa la primera prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 69,5 KW a una revolución de 2600 rpm, y el torque máximo es de 261,2 N.m a 2400 rpm.

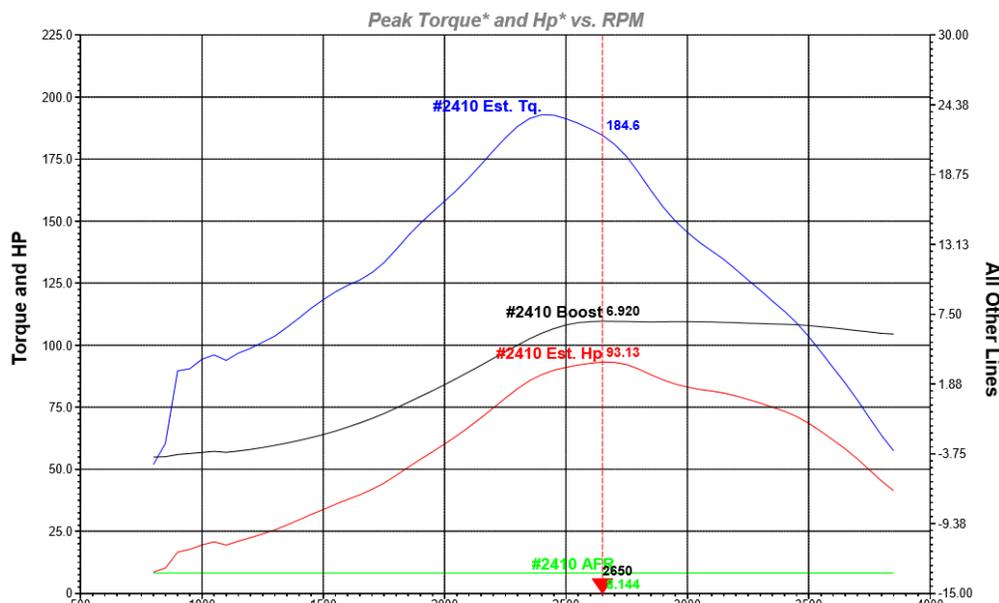


Figura 48. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo

En la figura 49 se observa la segunda prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 68,5 KW a una revolución de 2600 rpm, y el torque máximo es de 257,2 N.m a 2400 rpm.

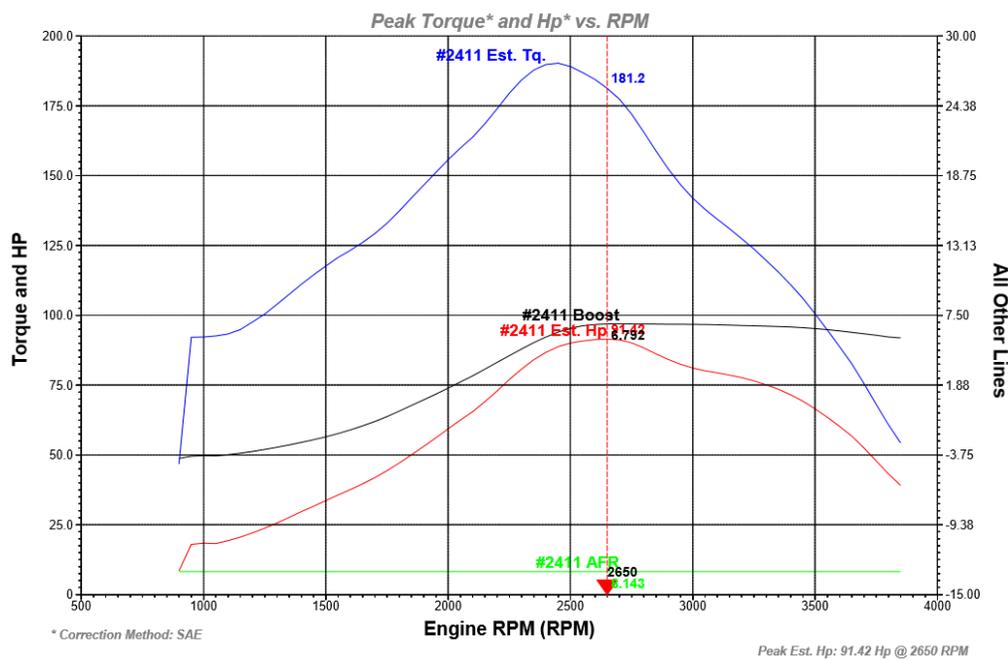


Figura 49. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo

En la figura 50 se observa la tercera prueba del vehículo Great Wall Wingle 5, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 68,6 HP a una revolución de 2700 rpm, y el torque máximo es de 258,1 N.m a 2400 rpm.

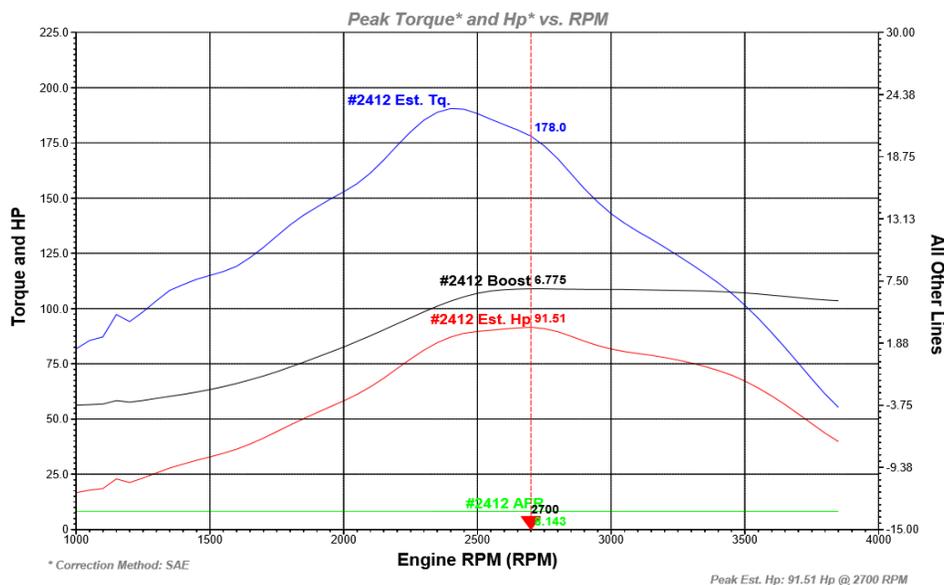
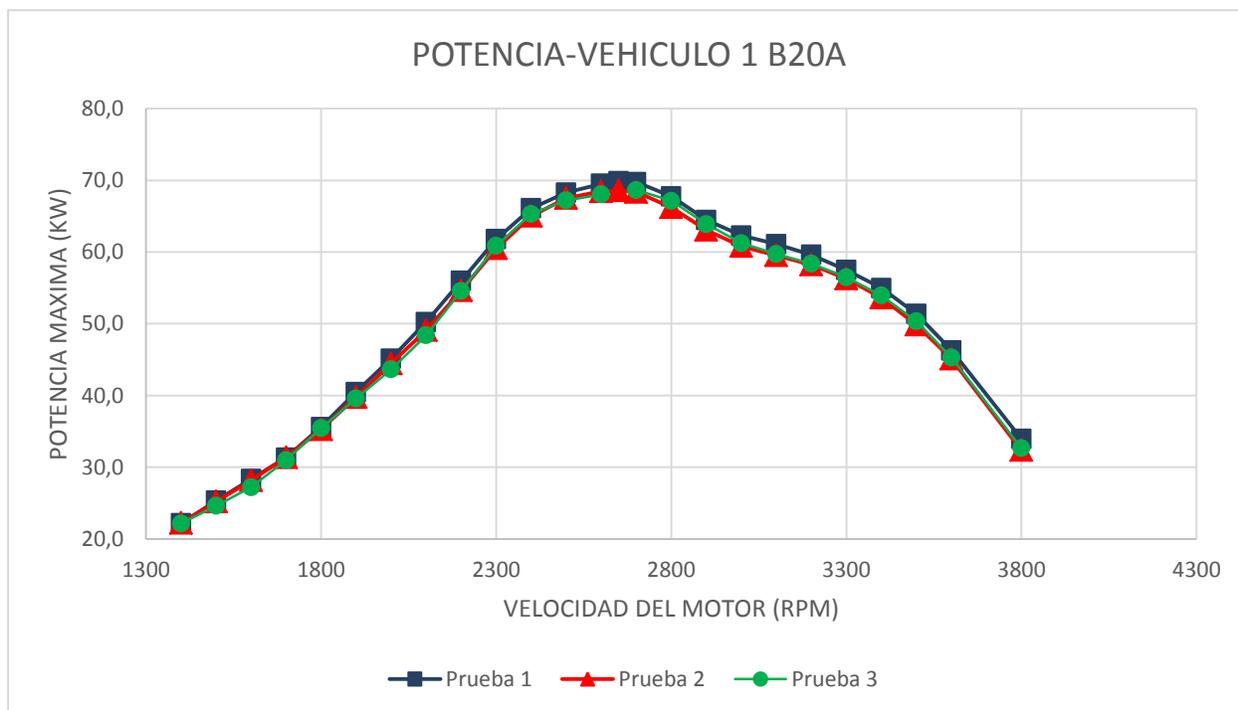


Figura 50. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo

En la figura 51 se observa la relación de potencia del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su



potencia máxima se encuentra entre el rango de 2500-2700 rpm.

Figura 51. Prueba de potencia vehículo 1 B20A

En la figura 52 se observa la relación de torque del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su torque máximo se encuentra entre el rango de 2300-2400 rpm.

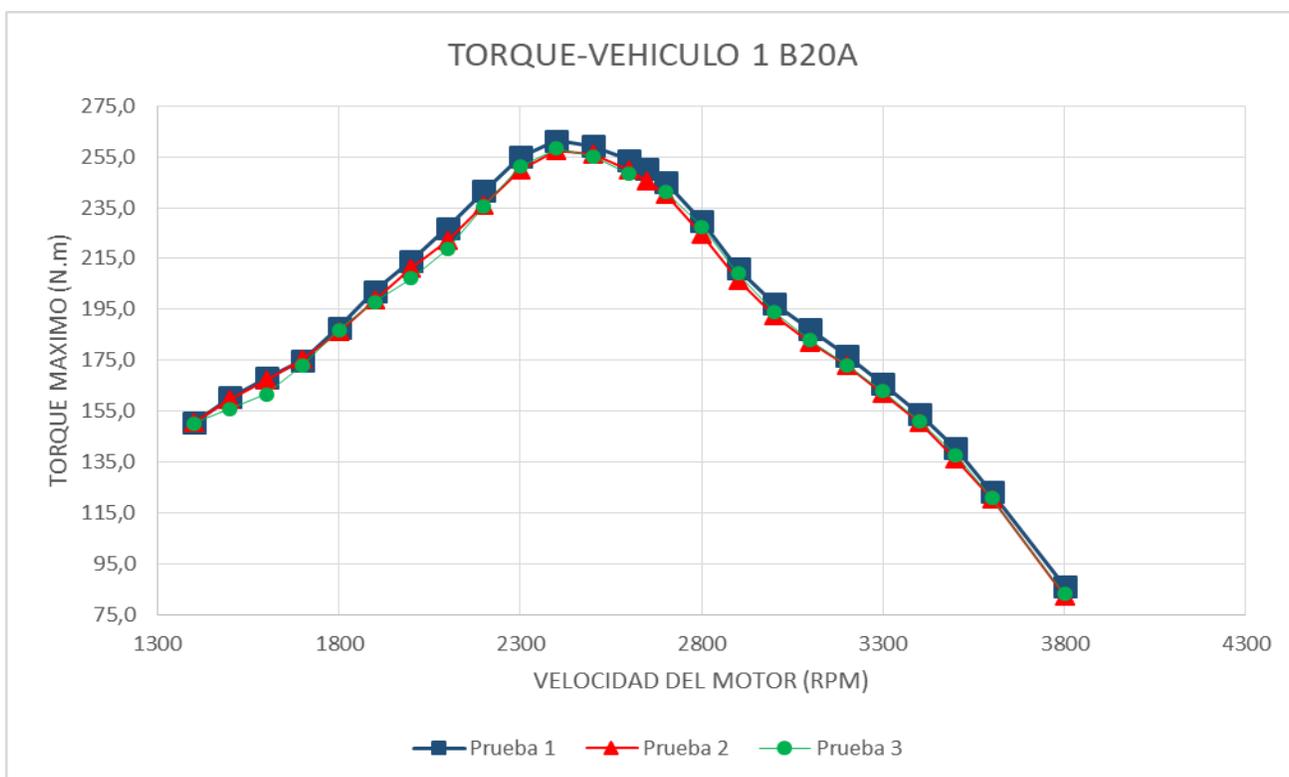


Figura 52. Prueba de torque vehículo 1 B20A

En la tabla 16 se presentan los resultados de torque y potencia de las pruebas realizadas en el vehículo 1 con diésel 80% y biodiésel 20% con aditivo, obteniendo como resultado promedio en las pruebas de torque 258,8 (N.m) a 2400 rpm y el resultado de potencia es de 68,9 (KW) a 2600 rpm.

Tabla 16

Resultados de las pruebas de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo

Prueba	Torque (N.m)	Potencia (KW)
Prueba 1	261,2	69,5
Prueba 2	257,2	68,5
Prueba 3	258,1	68,6
Promedio	258,8	68,9

Vehículo 2.

En la figura 53 se observa la primera prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 93,8 KW a una revolución de 4100 rpm, y el torque máximo es de 231,6 N.m a 3500 rpm.

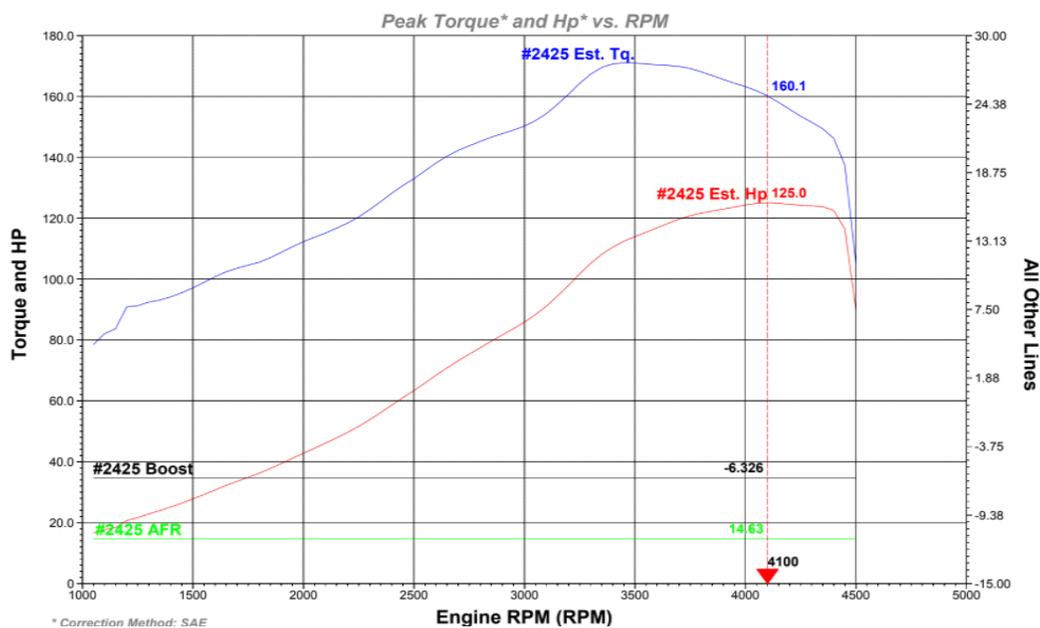
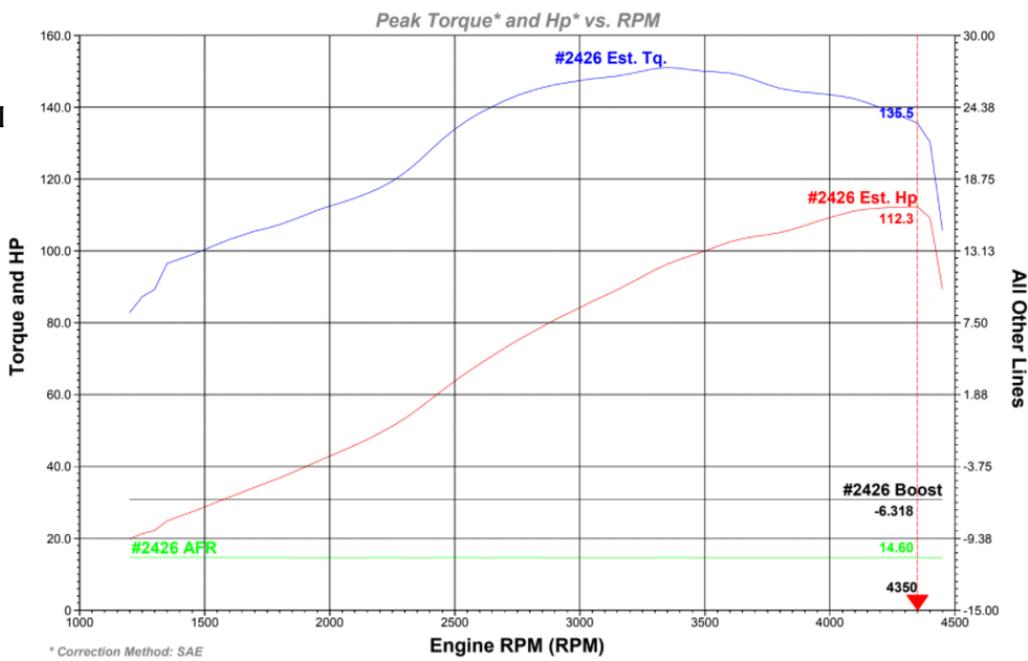


Figura 53. Prueba N°1 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo

En la figura 54 se observa la segunda prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo



referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 84,2 KW a una revolución de 4350 rpm, y el torque máximo es de 204,2 N.m a 3400 rpm.

En la figura 55 se observa la tercera prueba del vehículo Mazda BT-50, haciendo referencia a la graficas de torque vs potencia, donde la potencia máxima es 87,6 KW a una

Figura 54. Prueba N°2 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo

revolución de 4100 rpm, y el torque máximo es de 215,3 N.m a 3500 rpm.

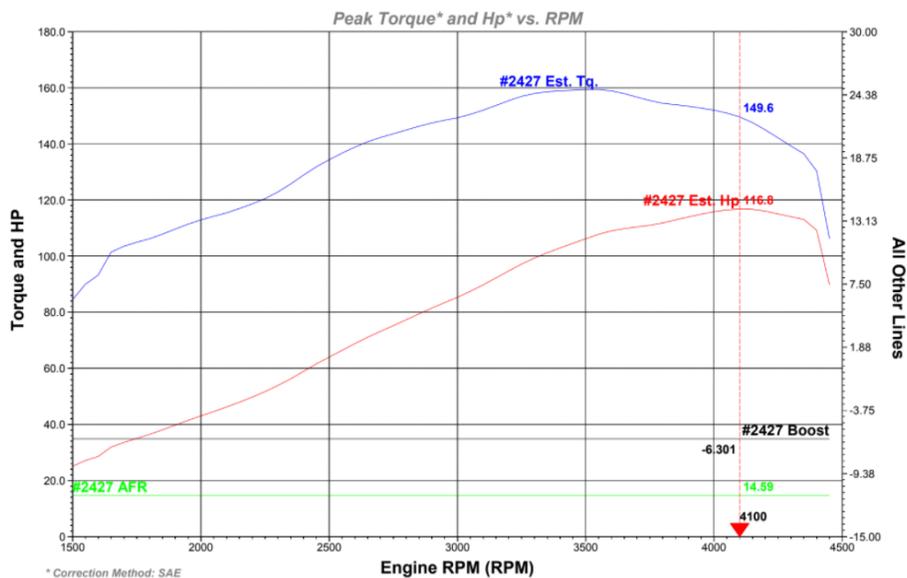


Figura 55. Prueba N°3 de torque y potencia con biodiesel 20% y aditivo

En la figura 56 se observa la relación de potencia del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su

pote

ncia

máx

ima

se

encu

entr

a

entr

e el

rang

o de 3900-4100 rpm.

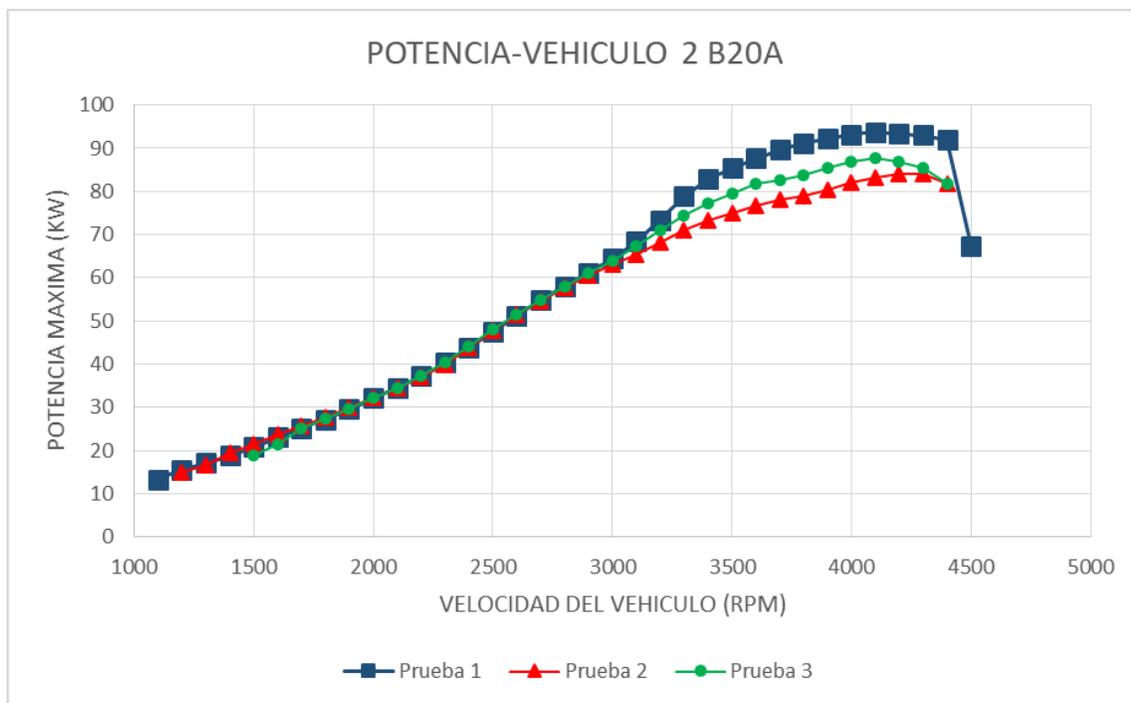
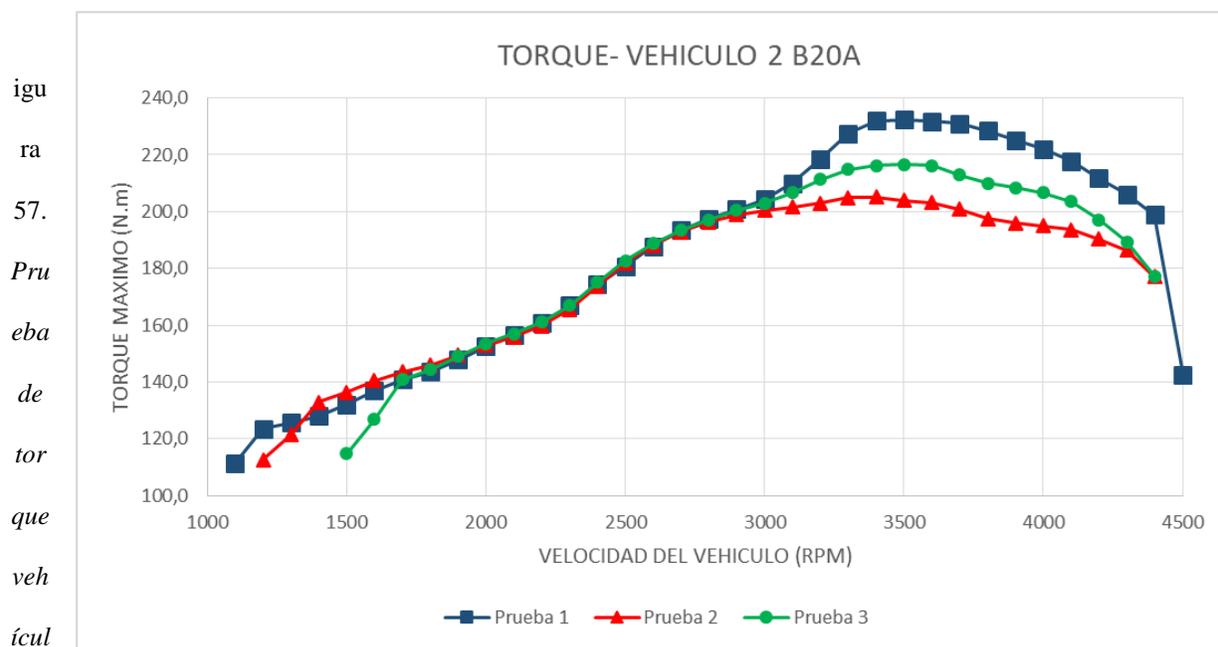


Figura 56. Prueba de potencia vehículo 2 B20A

En la figura 57 se observa la relación de torque del vehículo con respecto al aumento de rpm en el proceso llevado a cabo en el banco de pruebas estático, donde claramente no existe gran diferencia en las pruebas repetitivas y verificando que su torque máximo se encuentra entre el rango de 3400-3600 rpm.



o 2 B20A

En la tabla 17 se presentan los resultados de torque y potencia de las pruebas realizadas en el vehículo 2 con diésel 80% y biodiésel 20% con aditivo, obteniendo como resultado promedio en las pruebas de torque 217,0 (N.m) a 3500 rpm y el resultado de potencia es de 88,5 (KW) a 4100 rpm.

Tabla 17

Resultados de las pruebas de torque y potencia vehículo 2 con biodiesel 20% y aditivo

Prueba	Torque (N.m)	Potencia (KW)
Prueba 1	231,6	93,8
Prueba 2	204,2	84,0
Prueba 3	215,3	87,6
Promedio	217,0	88,5

Pruebas de opacidad

Después de realizar las pruebas en el dinamómetro del centro automotriz “Mandiesec”, los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de opacidad en las camionetas Great Wall Wingle 5 (vehículo 1) y Mazda BT-50 (vehículo 2) con diésel puro y las distintas mezclas de biodiesel en porciones de 10% y 20% incluido aditivo R-2 para cada una de los porcentajes. En el anexo C se especifica la realización de pruebas en la empresa Mandiesec.

Diésel 100%.

Vehículo 1.

En la tabla 18 se presenta las seis distintas repeticiones de aceleración libre realizadas en el vehículo 1 para las pruebas de opacidad obtenidas usando diésel fósil obteniéndose como resultado promedio de 13.83% de opacidad en el vehículo.

Tabla 18

Resultados de las pruebas opacidad con diésel 100%

Prueba	Opacidad (%)
--------	--------------

Prueba 1	15
Prueba 2	19
Prueba 3	14
Prueba 4	12
Prueba 5	11
Prueba 6	12
Promedio	13,8

Vehículo 2.

En la tabla 19 se presenta las seis distintas repeticiones de aceleración libre realizadas en el vehículo 2 para las pruebas de opacidad obtenidas usando diésel fósil obteniéndose como resultado promedio de 87.5 % de opacidad en el vehículo.

Tabla 19
Resultados de las pruebas opacidad con diésel 100%

Prueba	Opacidad (%)
Prueba 1	88
Prueba 2	86
Prueba 3	89
Prueba 4	88
Prueba 5	86
Prueba 6	88
Promedio	87.5

Diésel 90% Biodiesel 10% con aditivo (B10A).

Vehículo 1.

En la tabla 20 se presenta las seis distintas repeticiones de aceleración libre realizadas en el vehículo 1 para las pruebas de opacidad obtenidas usando diésel 90% y biodiesel 10% con aditivo obteniéndose como resultado promedio de 10,5% de opacidad en el vehículo.

Tabla 20
Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 90% y biodiesel 10% con aditivo

Prueba	Opacidad (%)
Prueba 1	10
Prueba 2	9
Prueba 3	12
Prueba 4	11
Prueba 5	11
Prueba 6	10
Promedio	10,5

Vehículo 2.

En la tabla 21 se presenta las seis distintas repeticiones de aceleración libre realizadas en el vehículo 2 para las pruebas de opacidad obtenidas usando diésel 90% y biodiesel 10% con aditivo obteniéndose como resultado promedio de 85,6% de opacidad en el vehículo.

Tabla 21

Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 90% y biodiesel 10% con aditivo

Prueba	Opacidad (%)
Prueba 1	86
Prueba 2	86
Prueba 3	85
Prueba 4	88
Prueba 5	85
Prueba 6	84
Promedio	85.6

Diésel 80% Biodiesel 20% con aditivo (B20A).

Vehículo 1.

En la tabla 22 se presenta las seis distintas repeticiones de aceleración libre realizadas en el vehículo 1 para las pruebas de opacidad obtenidas usando diésel 80% y biodiesel 20% con aditivo obteniéndose como resultado promedio de 9,3% de opacidad en el vehículo.

Tabla 22

Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 80% y biodiesel 20% con aditivo

Prueba	Opacidad (%)
Prueba 1	10
Prueba 2	9
Prueba 3	10
Prueba 4	9
Prueba 5	9
Prueba 6	9
Promedio	9,3

Vehículo 2.

En la tabla 23 se presenta las seis distintas repeticiones de aceleración libre realizadas en el vehículo 2 para las pruebas de opacidad obtenidas usando diésel 80% y biodiesel 20% con aditivo obteniéndose como resultado promedio de 9,3% de opacidad en el vehículo.

Tabla 23

Resultados de las pruebas de opacidad con diésel 80% y biodiesel 20% con aditivo

Prueba	Opacidad (%)
Prueba 1	86
Prueba 2	85
Prueba 3	83
Prueba 4	84
Prueba 5	82
Prueba 6	85
Promedio	84.1

En la figura 58 y 59 se observa la variación de la cantidad de contaminación que provocan con cada una de las mezclas utilizadas en los vehículos realizados las pruebas.

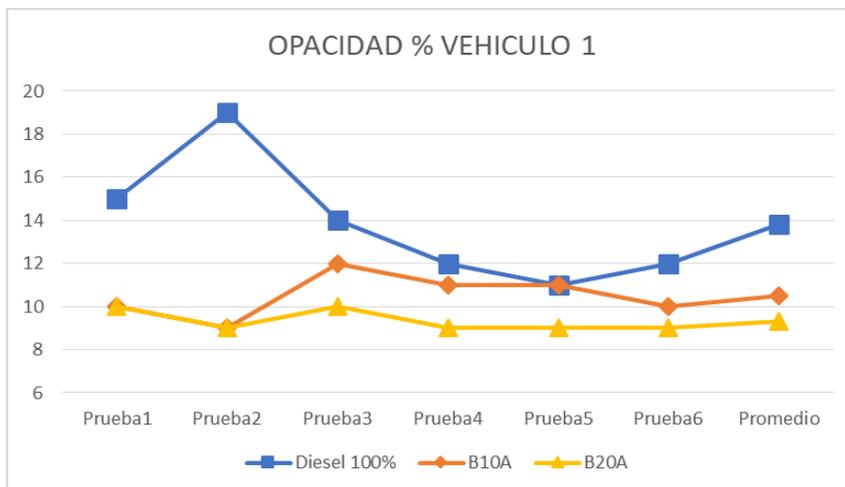


Figura 58. Pruebas de opacidad vehículo 1

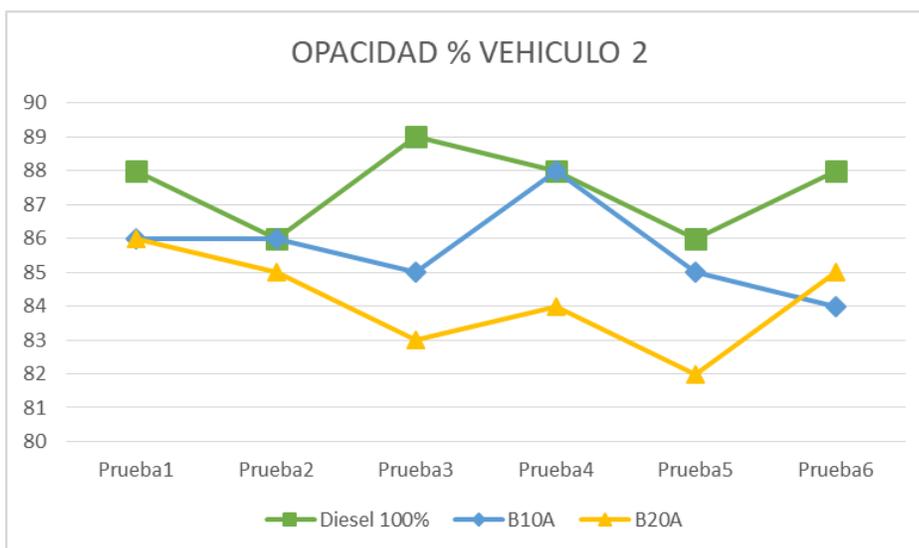


Figura 59. Pruebas de opacidad vehículo 2

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Discusión de resultados

Análisis del rendimiento del motor.

Potencia y torque.

Potencia.

Con las pruebas realizadas y los valores obtenidos se dispone de una tabla estadística del comportamiento del motor de cada uno de los vehículos con las distintas mezclas usadas, la que servirá para realizar el análisis pertinente en lo relacionado en el desempeño del motor, para lo cual se va a trabajar con los valores promedios de torque y potencia para el presente análisis, tal como se presenta en la tabla 24 para el vehículo 1 y la tabla 25 para el vehículo 2.

Tabla 24

Resultados promedios de las pruebas de torque y potencia del vehículo 1

Muestra	Valores del manual		Valores medidos	
	Torque (N.m/rpm)	Potencia (KW/rpm)	Torque (N.m/rpm)	Potencia (KW/rpm)

Diésel	225/1800-2000	70.50/3600	268,7/2400	70,6/2600
B10A	-	-	262,3/2400	69,5/2600
B20A	-	-	258,8/2400	68,9/2600

Tabla 25

Resultados promedios de las pruebas de torque y potencia del vehículo 2

Muestra	Valores del manual		Valores medidos	
	Torque (N.m/rpm)	Potencia (KW/rpm)	Torque (N.m/rpm)	Potencia (KW/rpm)
Diésel	300/1800	105.00/3500	225,7/3400	91,2/4300
B10A	-	-	225,1/3600	91,4/4100
B20A	-	-	217,0/3500	88,5/4100

En la figura 60 se presenta un gráfico estadístico mostrado en barras para identificación de los resultados promedios obtenidos en las pruebas realizadas. Según Canakci (2007), expone que el par y la potencia se relaciona con la densidad de energía del combustible, y debido a tal motivo existe un gran número de estudios realizados que indican la pérdida de potencia con el uso de combustibles mezclados con biodiesel, para la teoría del autor en el vehículo 1 de la marca Great Wall Wingle 5 del año 2017 sería un estudio más comprobado con esta teoría debido a que se presentan disminuciones de potencia en el vehículo al usar biodiesel en las mezclas de combustible más aditivo. Según Yasin (2014), realizó las pruebas en un motor Mitsubishi utilizando como aditivo al metanol para mejorar las propiedades de viscosidad y densidad del biodiesel, las mezclas de (D-B20%) y (D%-B20%-M5%) dieron un resultado de reducción de potencia en comparación del diésel mineral corroborando con la teoría de dicho autor se acepta las mismas condiciones para el vehículo 1, debido a que el diésel comercializado en Ecuador ha obtenido el torque máximo como resultado favorable a la investigación hecha en los motores diésel presentada actualmente. Según Finesso y Spanessa (2013), expone que el

incremento de la concentración de biodiesel a partir de aceite de cocina usado, al realizar las respectivas mezclas define que existe una disminución de la potencia del motor, en la figura 61 se observa la curva característica de la potencia del vehículo 1, y claramente se puede observar la disminución al incremento de la cantidad de biodiesel en las mezclas, es decir se concluye con una relación inversamente proporcional entre la potencia y la cantidad de biodiesel, el estudio realizado para la potencia de un vehículo que está entre los últimos años de fabricación corroboran con los autores y estudios anteriormente mencionados. Sin embargo para el vehículo 2 la camioneta Mazda BT-50, ninguno de los resultados acorde a los datos obtenidos debido a que el vehículo concluyo con la mezcla B10 (biodiesel 10%) con mayor potencia, aunque la diferencia con respecto al diésel mínima es del 0,25% a 4300 rpm entre las dos mezclas como se observa en la figura 62, es posible que el vehículo por los años de funcionamiento es posible que requiera de una chequeo de los elementos del sistema de inyección. En la figura 63 se observa la curva de potencia del vehículo 2, la cual en algún momento de las pruebas presenta cambios radicales con respecto a las tres tipos de combustibles usados en las pruebas del vehículo 2. Según Santivañez (2016), al realizar las pruebas en un motor CUMMINS con diferentes mezclas de biodiesel hasta el 10% del biocombustible como máximo en las mezclas determinó que los valores de la potencia son similares para los tres tipos de mezclas confirmando dicha información expuesta por el autor los vehículos 1 y 2 presentan valores realmente idénticos y como se muestra en las figuras ya expuestas anteriormente para cada uno de los casos pertinentes, es decir las pruebas de potencia han estado idénticas a los estudios expuestos para la discusión respectiva. Finalmente tomando como datos adicional no menos importante las pruebas de potencia con respecto a las fichas técnicas de cada uno

de los vehículos utilizados en las pruebas de potencia el vehículo 1 tuvo una diferencia del 2,3 %, siendo la potencia máxima de las mezclas para el diésel 70,6 KW y la potencia mínima 68,9 KW para B20A, mientras que el vehículo 2 tuvo una diferencia tuvo una diferencia de 15,7% siendo la potencia máxima de las mezclas 91,4 KW para B10A y la potencia mínima 88,5 KW para B20A.

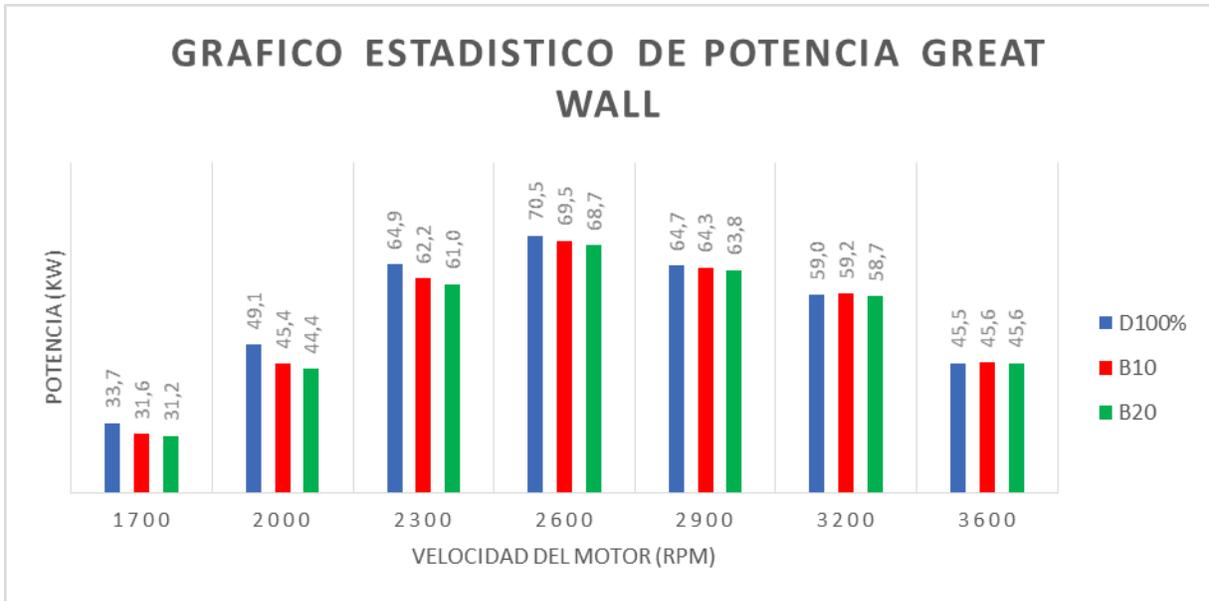


Figura 60. Grafico estadístico de las pruebas de potencia Vehículo 1

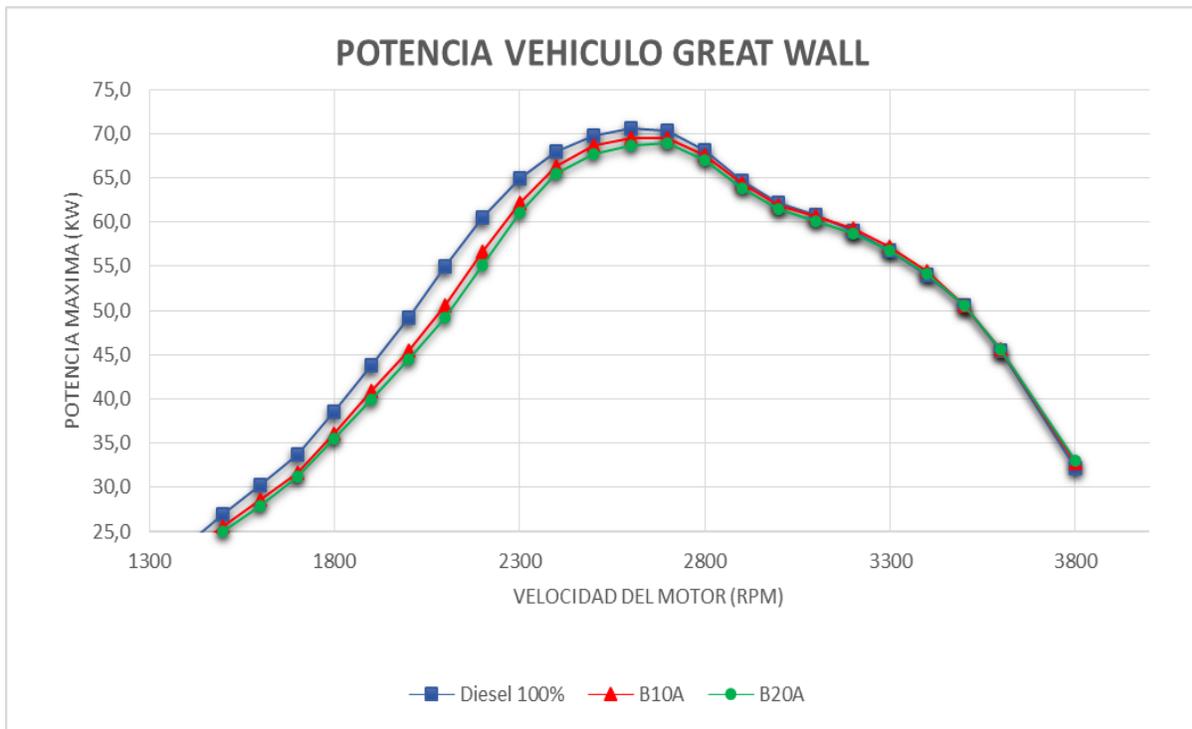


Figura 61. Curva de potencia con todas las mezclas utilizadas en el vehículo 1

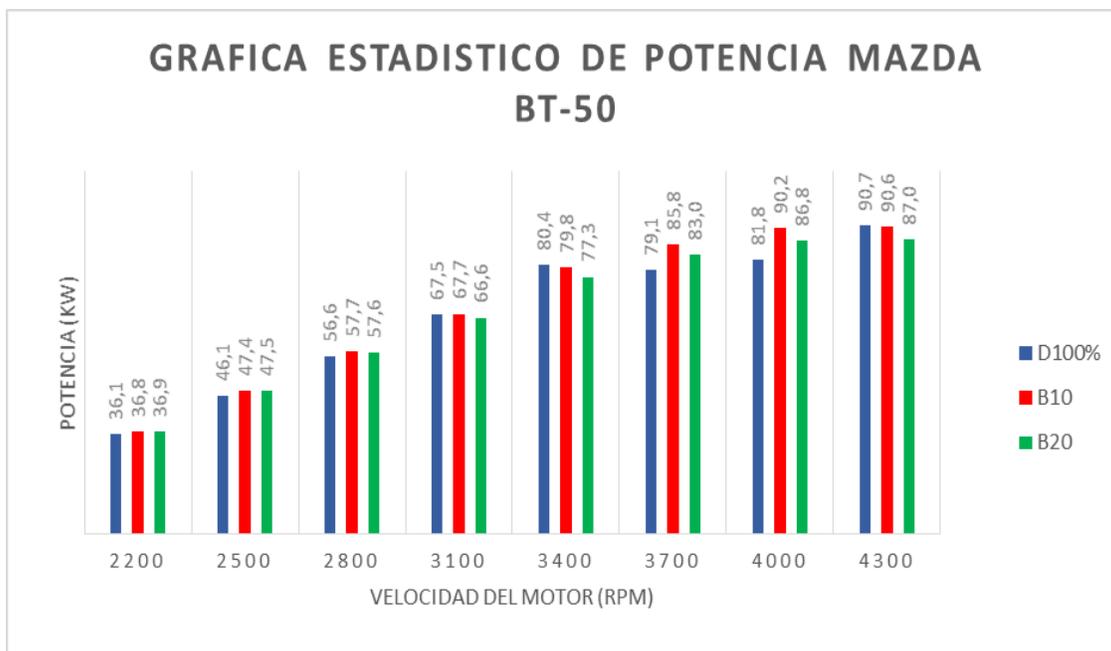


Figura 62. Grafico estadístico de las pruebas de torque Vehículo 2

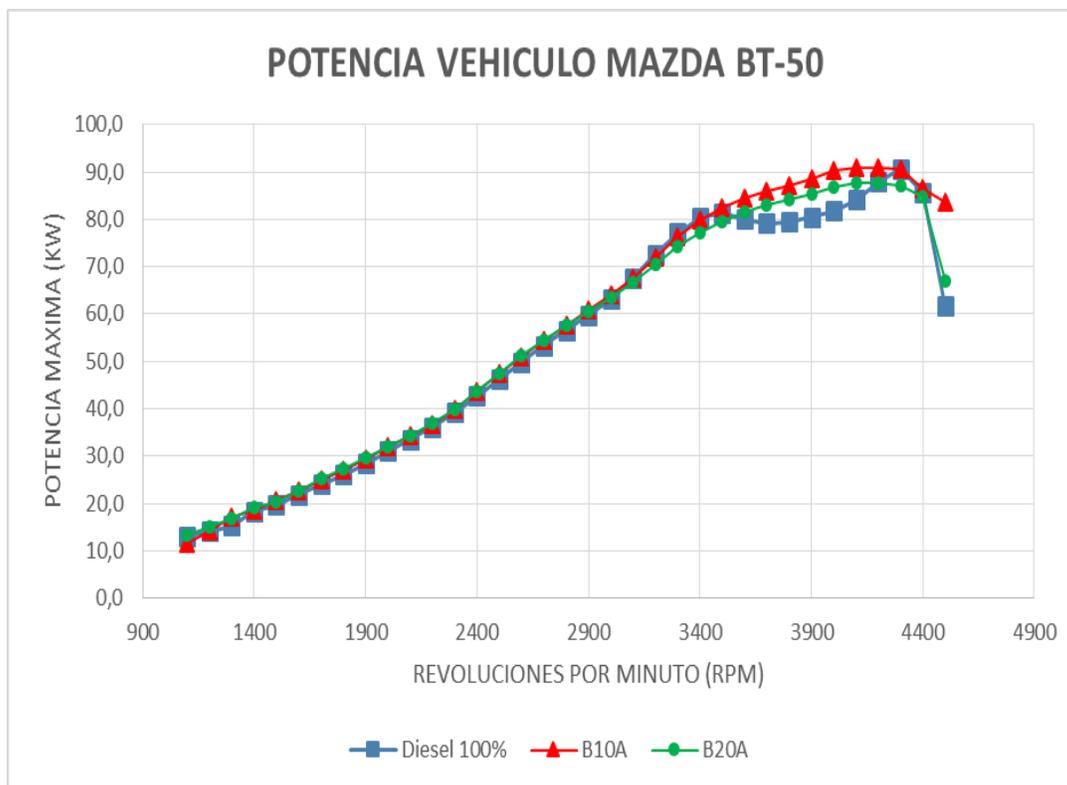


Figura 63. Curva de potencia con las tres mezclas utilizadas en el vehículo 2

Discusión global de la potencia máxima.

En la tabla 26 está representada la comparación global de los seis tratamientos

realizados en los vehículos, los cuales constan de tres repeticiones para cada prueba multiplicada por tres tipos de combustibles en los dos vehículos. Para lo cual la potencia máxima en el vehículo 1 está dado por un promedio de 70,41 KW que corresponde al tratamiento 1, y para el vehículo 2 con un promedio 91,42 KW que corresponde al tratamiento 5, sin embargo la desviación dentro del vehículo 1 estaba por debajo del 1% y con respecto al vehículo 2 está entre 1-5% lo que nos hace una diferencia de cuatro unidades aproximadamente entre vehículos, considerando como mejor valor el del vehículo debido a que sus datos de potencia en los tratamientos están muy acercados a las especificaciones de su ficha técnica, lo cual corresponde a un buen rendimiento del motor utilizando las mezclas de biodiesel, por lo contrario el vehículo 2 no logra los mismos resultados.

Tabla 26

Resultados de los estadígrafos de posición con respecto a la potencia del vehículo1 y vehículo2

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
T1 Potencia máx.	3	70.4	0.301054	0.320657%	70.2	70.6
T2 Potencia máx.	3	69.6	0.34356	0.370508%	69.2	69.7
T3 Potencia máx.	3	68.9	0.739347	0.805242%	68.5	69.5
T4 Potencia máx.	3	91.2	1.9	1.5625%	89.8	92.6
T5 Potencia máx.	3	91.4	2.66271	2.18434%	89.6	93.5
T6 Potencia máx.	3	88.5	6.48383	5.49477%	84.2	93.8
Total	18	79.99	14.536	13.629%	68.5	93.8

En la tabla 28 se realiza la homogeneidad de los resultados es decir la igualdad o semejanza de los distintos tiramientos, finalmente se concluye sencillamente que para el vehículo 1 y el vehículo 2 los datos de potencia son homogéneos para cada vehículo de forma distinta, es decir la diferencia es mínima entre las pruebas realizada en cada vehículo.

Tabla 27

Comparación de las diferencias entre grupos experimentados con respecto a la potencia

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3 Potencia máx.	3	70.4	X
T2 Potencia máx.	3	69.6	X
T1 Potencia máx.	3	68.9	X
T6 Potencia máx.	3	91.2	X
T4 Potencia máx.	3	91.4	X
T5 Potencia máx.	3	88.5	X

En la figura 64 se tiene la gráfica estadística de la potencia todos los tratamientos, sin embargo se nota gran diferencia el tratamiento T1, T2 y T3 del vehículo 1 con T4, T5 y T6 del vehículo 2, considerando que cada uno de los vehículos posee características técnicas distintas con respecto a los detalles internos del vehículo.

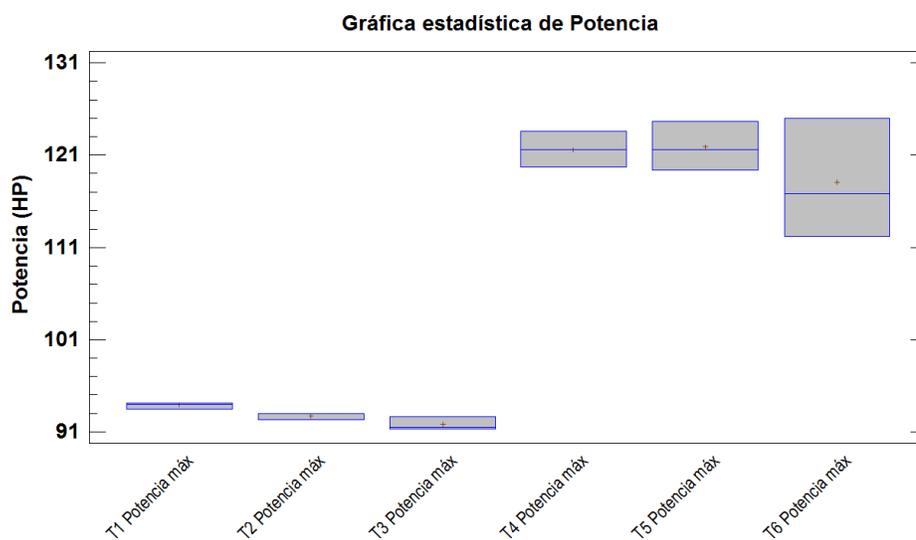


Figura 64. Gráfica de caja y bigotes para la potencia

Torque.

Al realizar las pruebas en un vehículo Audi de motor diésel 1.9 TDI 1Z, con distintos tipos de mezclas: D (diésel), B30 (biodiesel 30%) y B30M10 (biodiesel 30% más metanol 10%), el resultado del torque a las 2500 rpm tal como indica la ficha técnica del vehículo son iguales para D y B30 considerando a la mezcla B30M10 como la que menos torque obtuvo (Zaglinskis, 2015). Con respecto a los vehículos 1 y 2 en los que se realizó las pruebas de torque corresponden directamente con el mismo criterio, sin embargo tratándose de analizar números existe un pequeño inconveniente con el vehículo 2, pero por tanto se puede corroborar con el autor expuesto anteriormente y definir la posición de torque con respecto a los dos vehículos dejando en primer lugar de máximo torque al diésel seguido de B10A y finalmente B20A como se observan las figuras 65 y 66.

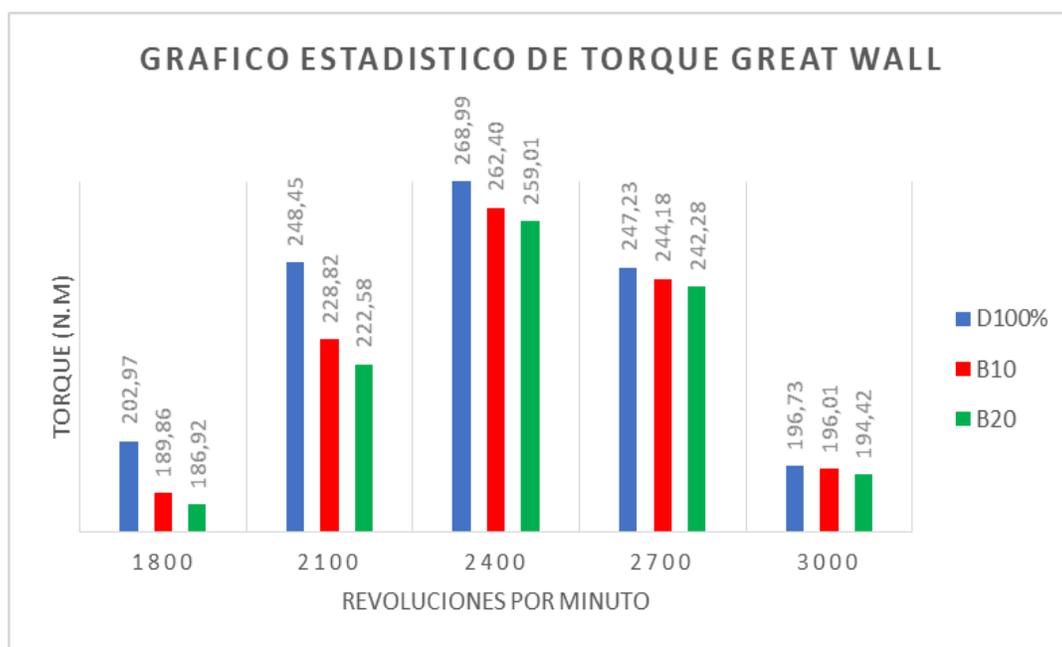


Figura 65. Grafico estadístico de las pruebas de torque Vehículo 1

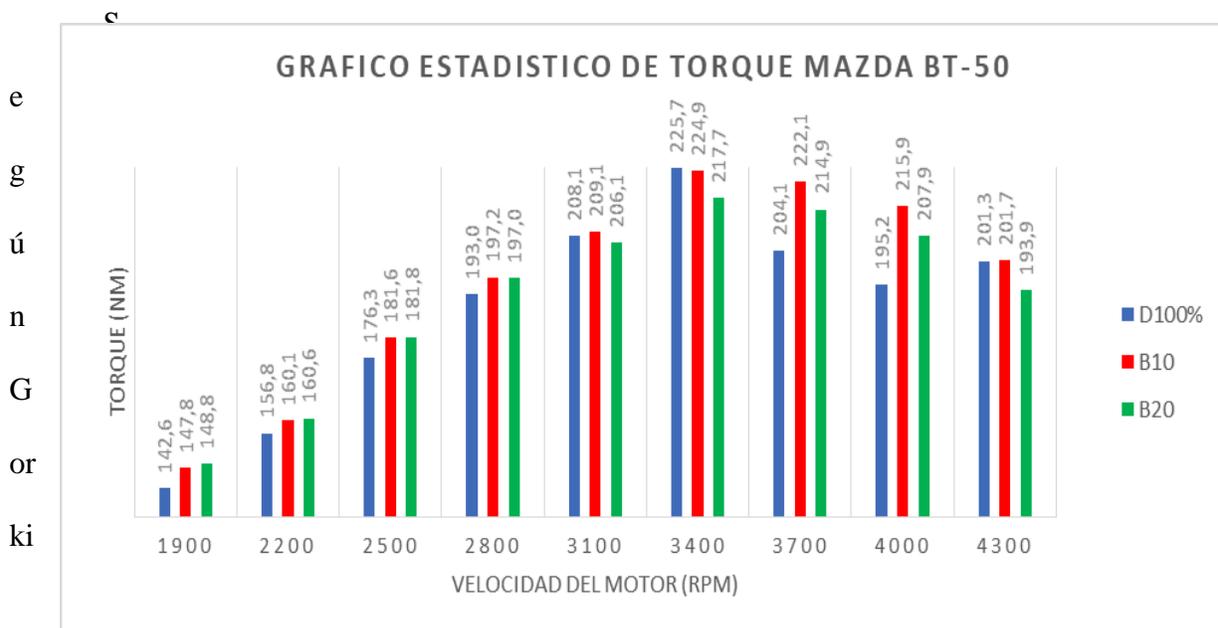


Figura 66. Grafico estadístico de las pruebas de torque Vehículo 2

(2016), al realizar pruebas de torque con mezclas de B5, B10 y B30 usando biodiesel de la empresa fabril obtuvo valores de par motor en la mezcla B30 como los resultados más estables y regulares de todos ya que no presentan picos de valores que difieran entre ensayos realizados, por tal motivo la figura 67 y 68 presenta la curva de torque del vehículo 1 y vehículo 2 considerando que para las tres mezclas usadas en los vehículos son casi uniformemente iguales por tal motivo no existe irregularidades en los valores presentados para estas pruebas considerándose una diferencia mínima entre las mezclas, sin embargo para la figura 67 existe un poco de diferencia de datos en las revoluciones de 3600 a 4300 rpm, sus datos son un poco dispares lo que hace notar un diferencia entre las curvas de las mezclas que llevan biodiesel con respecto a la del diésel siendo diferente para el vehículo que no tiene diferencias entre sus curvas.. Según Torres (2015), al realizar las pruebas en un motor diésel con mezclas de B5, B10 y B20 con diésel PEMEX determinó que el mayor torque se obtuvo con la mezcla B10, por tal motivo relacionemos la figura 68 que a pesar de la mínima diferencia que existe entre la mezcla de diésel y

B10A, no logra llegar a comprobar la hipótesis del autor mencionado. Según Torres et al. (2016), logra contradecir al autor expuesto anteriormente realizando las pruebas en un vehículo y expone que el mayor torque es para el diésel, seguido por las mezclas B5, B30 y B10 aun existiendo diferencia mínima entre las cantidades con biodiesel la teoría investigada para el caso del torque en los vehículos ha sido ratificada por completa por los tres autores con los cuales los datos expuestos coinciden, teniendo como datos finales para el vehículo 1 el torque máximo 268,7 N.m a 2400 rpm para el diésel y como torque mínimo 258,8 N.m a 2400 rpm, considerando a las revoluciones por minutos estables para los tres datos de las mezclas, por otro lado el vehículo 2 obtuvo los resultados de torque máximo para el diésel 225,7 a 3400 rpm y el torque mínimo de 217,0 N.m a 3500 rpm, existiendo una diferencia en la estabilidad de revoluciones por minuto para la acumulación de datos del torque máximo del vehículo 2. Relacionando los datos de las fichas técnicas cabe recalcar que los datos del vehículo 1 sobrepasan en un 19% con respecto al diésel, contradictoriamente el vehículo 2 disminuye el torque en 25% con respecto al diésel y de la ficha técnica del vehículo, es considerado un dato importante debido a que el vehículo 2 deberá ser considerado a un estudio más profundo para corroborar o impugnar lo expuesto anteriormente.

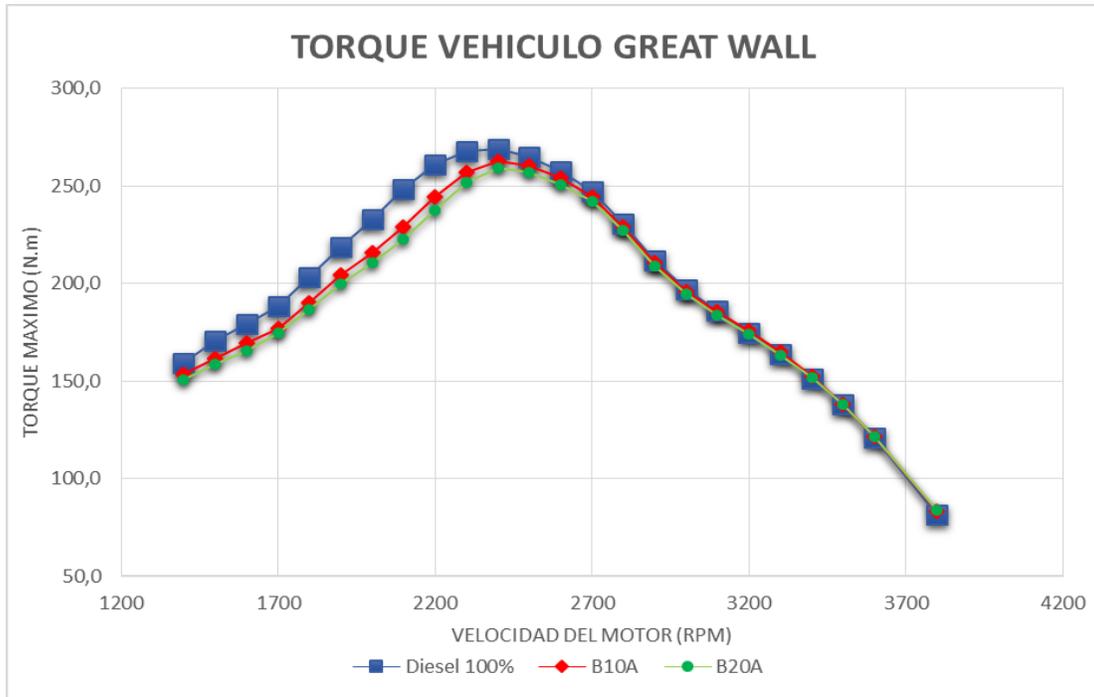


Figura 67. Curva de torque con las tres mezclas utilizadas en el vehículo 1

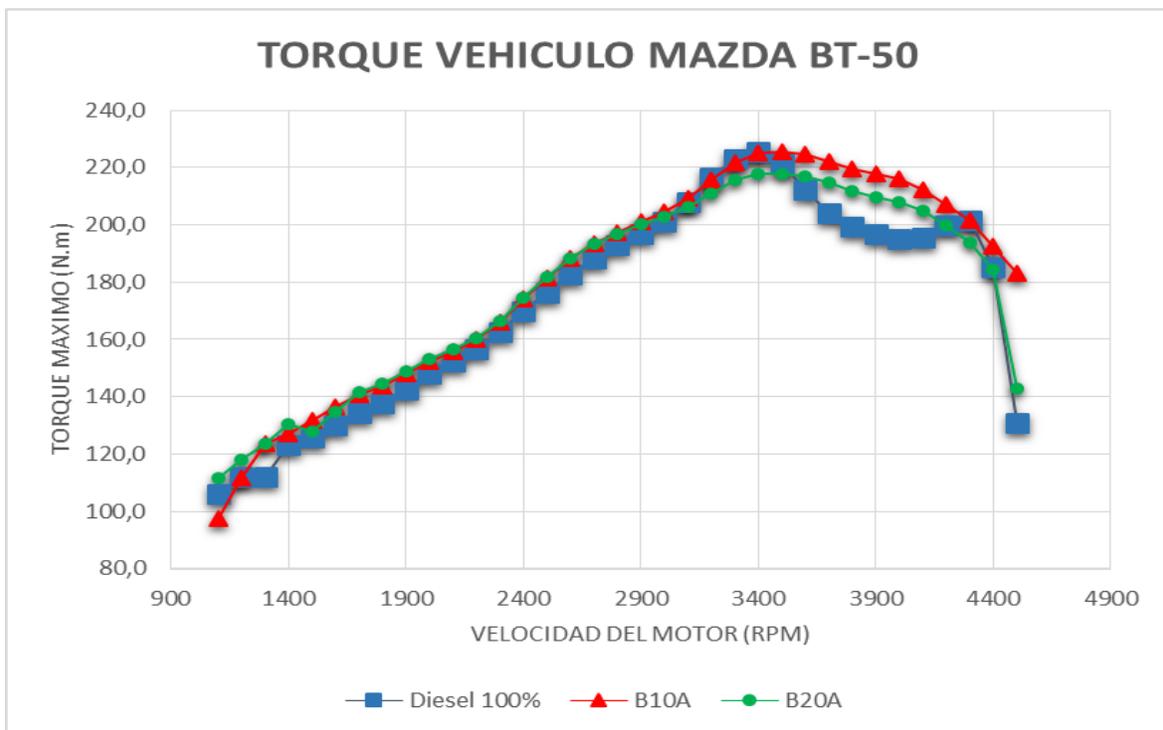


Figura 68. Curva de torque con las tres mezclas utilizadas en el vehículo 2

Discusión global del torque máximo.

En la tabla 28 está representada la comparación global de los seis tratamientos realizados en los vehículos, los cuales constan de tres repeticiones para cada prueba multiplicada por tres tipos de combustibles en los dos vehículos. Para lo cual el torque máxima en el vehículo 1 está dado por un promedio de 268,85 N.m que corresponde al tratamiento 1, y para el vehículo 2 con un promedio 225,567 N.m que corresponde al tratamiento 4, sin embargo la desviación dentro del vehículo 1 estaba por debajo del 1% y con respecto al vehículo 2 está entre 1-6% lo que nos hace una diferencia de cinco unidades aproximadamente entre vehículos, considerando como mejor valor el del vehículo 1 debido a que sus datos de torque en los tratamientos están por encima de las especificaciones de su ficha técnica, lo cual corresponde a un buen rendimiento del motor utilizando las mezclas de biodiesel, por lo contrario el vehículo 2 no logra los mismos resultados.

Tabla 28

Resultados de los estadígrafos de posición con respecto al torque del vehículo 1 y vehículo 2

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
T1 Torque máx.	3	268.85	0.65	0.241771%	268.2	269.5
T2 Torque máx.	3	262.333	2.12211	0.808935%	259.9	263.8
T3 Torque máx.	3	258.833	2.09841	0.810719%	257.2	261.2
T4 Torque máx.	3	225.567	2.20076	0.975657%	223.4	227.8
T5 Torque máx.	3	224.833	7.46481	3.32015%	218.0	232.8
T6 Torque máx.	3	217.033	13.782	6.35017%	204.2	231.6
Total	18	242.908	22.1257	9.10865%	204.2	269.5

En la tabla 29 se realiza la homogeneidad de los resultados es decir la igualdad o semejanza de los distintos tiramientos, finalmente se concluye sencillamente que para el vehículo 1 y el vehículo 2 los datos de torque son homogéneos para cada vehículo de

forma distinta, es decir la diferencia es mínima entre las pruebas realizada en cada vehículo.

Tabla 29

Comparación de las diferencias entre grupos experimentados con respecto al torque

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T6 Torque máx.	3	217.033	X
T5 Torque máx.	3	224.833	X
T4 Torque máx.	3	225.567	X
T3 Torque máx.	3	258.833	X
T2 Torque máx.	3	262.333	X
T1 Torque máx.	3	268.85	X

En la figura 69 se tiene la gráfica estadística con respecto al torque de todos los tratamientos, sin embargo se nota gran diferencia el tratamiento T1, T2 y T3 del vehículo 1 con T4, T5 y T6 del vehículo 2, considerando que cada uno de los vehículos posee características técnicas distintas con respecto a los detalles internos del vehículo.

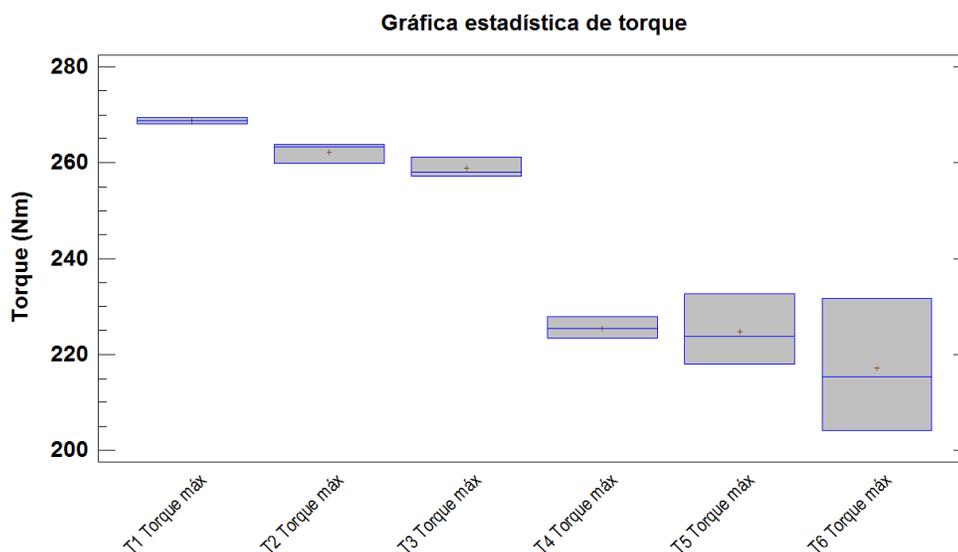


Figura 69. Gráfica de caja y bigotes para el torque

Opacidad.

En la tabla 30 y 31 se muestran los porcentajes estadísticos promedios de las pruebas realizadas para medir los porcentajes de opacidad y establecer la cantidad de emanación de humo al medio ambiente.

Tabla 30

Resultados promedios de las pruebas de opacidad del vehículo 1

Muestra	Opacidad (%)
Diésel	13,8
B10A	10,5
B20A	9,3

Tabla 30

Resultados promedios de las pruebas de opacidad del vehículo 2

Muestra	Opacidad (%)
Diésel	87,5
B10A	85,6
B20A	84,1

En la gráfica se observa notoriamente una gran diferencia entre los dos vehículos debido a su porcentaje de opacidad, el color azul está representado para el vehículo 1 y el color rojo para el vehículo 2. Según Morones (2006), durante las pruebas realizadas con diferentes mezclas de diésel/biodiesel aumentando parcialmente la cantidad de biodiesel concluyó que se observa notablemente una reducción de opacidad conforme se aumenta la cantidad de biodiesel en las mezclas. Tomando en consideración lo anteriormente expuesto se llega a conclusión de afirmar y coincidir con dichos términos, debido a que a medida que se aumente la cantidad de biodiesel en las mezclas el porcentaje de opacidad disminuye notoriamente, es decir los vehículos emanan menos cantidad de humo al

ambiente. Considerando las cantidades arrojadas en las pruebas para el vehículo 2, se considera un daño interno en su sistema de inyección, pero no se descarta ninguna posibilidad que el principal causante de esta cantidad de porcentaje de opacidad que emana sea un inyector debido a su desgaste en las partes principales del mismo. Basándonos en la norma técnica NTE INEN 2 202:2000, el vehículo presenta problema alguno para superar las pruebas de opacidad para la circulación normal dentro del país, que el vehículo por su año de fabricación tiene de límite máximo el 50% de opacidad, y el vehículo sobrepasa este límite. Aun considerando el alto porcentaje de opacidad presente al usar las distintas mezclas de biodiesel presenta una disminución de opacidad y se puede corroborar con la siguiente teoría presentada. Según Mafla et al. (2017) & Gorki et al. (2016), al usar biodiesel disminuye considerablemente el índice de opacidad. Por tal motivo el análisis presentado ha coincidido notablemente haciendo coincidir la relación inversamente proporcional de la cantidad de biodiesel con respecto del porcentaje de opacidad. La información presentada con respecto al porcentaje de opacidad notoriamente es eficaz y efectivo, tomando como particularidad al vehículo 2 se vuelve a proyectar en un futuro un estudio más a fondo del estado del vehículo debido a que en toda la discusión del capítulo 4 existen diferencias y enigmas que podrían llegar a ser solucionados en un futuro.

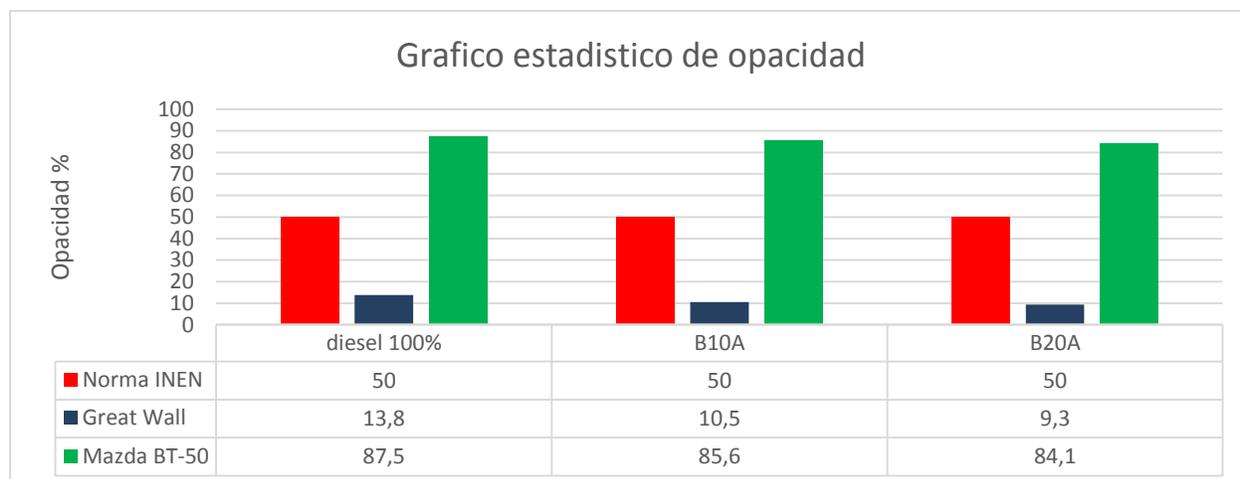


Figura 70. *Grafico estadístico de opacidad comparación vehículo 1 y vehículo 2*

En la presente parte del texto se procede a realizar en análisis global estadístico a base del software STARGRAPHICS con respecto a los vehículos, pruebas y mezclas usadas para el presente documento.

Discusión global de la opacidad.

En la tabla 32 está representada la comparación global de los seis tratamientos realizados en los vehículos, los cuales constan de tres repeticiones para cada prueba multiplicada por tres tipos de combustibles en los dos vehículos. Para lo cual la opacidad mínima en el vehículo 1 está dado por un promedio de 9,33% que corresponde al tratamiento 3, y para el vehículo 2 con un promedio 84,166% que corresponde al tratamiento 6, considerando que el vehículo 2 posee un problema interno en su sistema de inyección por el alto porcentaje de emanación en sus tratamientos respectivos, para el caso de la opacidad se considera las cantidades mínimas para hacer referencia a menos contaminación emanada al medio ambiente.

Tabla 31

Resultados de los estadígrafos de posición con respecto a la opacidad del vehículo1 y vehículo2

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
T1 opacidad	6	13.8333	2.92689	21.1582%	11.0	19.0
T2 opacidad	6	10.5	1.04881	9.98866%	9.0	12.0
T3 opacidad	6	9.33333	0.516398	5.53283%	9.0	10.0
T4 opacidad	6	87.5	1.22474	1.39971%	86.0	89.0
T5 opacidad	6	85.6667	1.36626	1.59486%	84.0	88.0
T6 opacidad	6	84.1667	1.47196	1.74886%	82.0	86.0
Total	36	48.5	37.8731	78.0889%	9.0	89.0

Para evaluar entre que tratamientos existe o no diferencia significativa se aplica una pruebas de múltiple rangos cuyo resultado se presenta en la Tabla 33, en la misma se aprecia como los tratamientos T3 y T2 son los de mejor comportamiento respectos a los demás. En el caso del vehículo Mazda, el comportamiento es similar, o sea, se comporta mejor con las mezclas de biodiesel. Entre los dos vehículos experimentados el Great Wall es el de mejor comportamiento. Lo anteriormente comentado también se representa en la Figura 71 en forma de gráfico.

Tabla 32

Comparación de las diferencias entre grupos experimentados con respecto al torque

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3 opacidad	6	9.33333	X
T2 opacidad	6	10.5	X
T1 opacidad	6	13.8333	X
T6 opacidad	6	84.1667	X
T5 opacidad	6	85.6667	XX
T4 opacidad	6	87.5	X

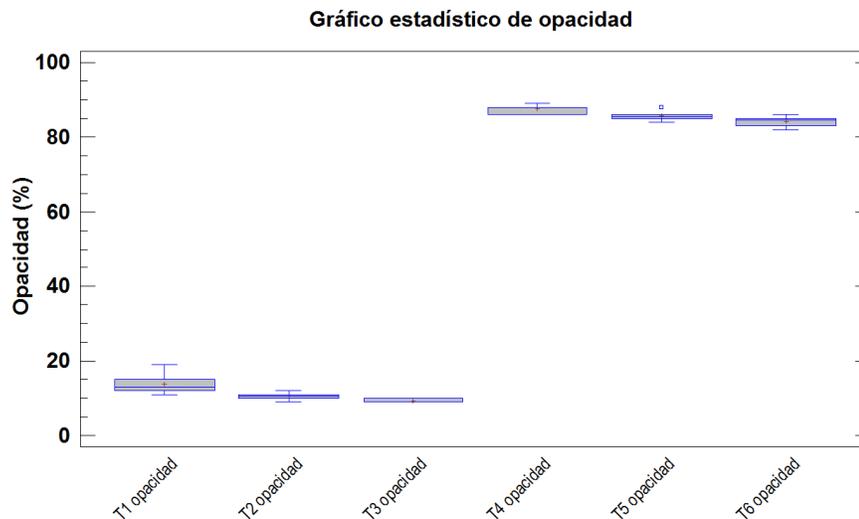


Figura 71. Grafica de caja y bigotes para la opacidad

Para concluir el análisis mostrado por el software anteriormente expuesto con el análisis realizado por autor del documento simplemente corrobora los datos obtenidos en las pruebas de bancos estáticos y analizados de manera casera una a una y la mayor parte de pruebas realizadas en años atrás por otros autores, finalizando la diferencia que existe entre ambos vehículos debido a sus características técnicas internas y determinando que el vehículo 2 no supera los datos expuestos en su ficha técnica añadiendo la gran cantidad de opacidad que enana al medio ambiente no es normal en un vehículo, por tanto el vehículo 1 no presenta grandes diferencias en lo respecto a torque y potencia con respecto a su ficha técnica y añadiendo un dato importante se comporta de mejor manera en cuanto a opacidad con el uso de biodiesel en las mezclas utilizadas para las pruebas realizadas y presentas en el presente texto.

Conclusiones

- Se determinó para las pruebas de torque vs potencia con las distintas mezclas de diesel/biodiesel con aditivos en el vehículos sometido en el banco de pruebas logró llegar hasta la tercera marcha, para poder obtener los datos y relacionar con la ficha técnica de los vehículos, estableciendo una potencia máxima para la mezcla B10 en el vehículo 2 que sobrepaso la potencia del diésel común usado en vehículos de motores diésel analizados con respecto al programa Stargraphics.
- Se estableció que los datos obtenidos al realizar las pruebas de torque y potencia no se aprecia variaciones estadísticamente significativas, lo que quiere decir que para las mezclas con las que se realizó las pruebas se mantuvo una variación entre mínima de unidades para cada una de las prueba de torque y potencia con respecto al vehículo Great Wall usando biodiesel de aceite de frituras con aditivo qualco R-2 Plus.
- Se observó en las pruebas de torque y potencia que los datos empiezan a obtenerse a partir de 900-1000 rpm, debido a que los vehículos diésel particularmente empiezan entre 800-900 rpm su estado de relantí.
- Se comprendió un aspecto bastante importante dentro de las pruebas de torque, donde se encontró la presión con la que trabaja el turbo del vehículo, para el caso el vehículo tuvo una presión negativa de 4.2 es decir el trabajo del turbo hace un mayor esfuerzo para poder lograr realizar su función dentro del vehículo, esta cantidad negativa se debe a la ubicación y los metros sobre el nivel del mar que se encuentra la ciudad donde se

realizó las pruebas del vehículo.

- Se empleó la táctica de libre aceleración para las pruebas de opacidad realizadas en el vehículo para cada una las mezclas establecidas de diesel/biodiesel con aditivo, obteniendo como resultado exclusivo en la mezcla B20A evidenciándose un reducción de hasta el 32% de opacidad con respecto al diésel comúnmente comercializado en las gasolineras de Ecuador, alcanzando B20A el valor mínimo de opacidad con respecto a todas las mezclas usadas en los vehículos Great Wall y Mazda aun sin tomar considerar el valor numérico exacto esta mezcla B20A tiene la cantidad de emanación de humo al aire.
- Se determinó que el uso de biodiesel dentro de la industria automotriz puede reducir en gran porcentaje las distintas enfermedades que presentan habitualmente los seres humanos y los daños ambientales del plantea por la contaminación provocada por los vehículos.

Recomendaciones

- Contribuir al medio ambiente desarrollando sistemas de recolección de aceites de frituras evitando desperdiciar esta materia prima que se utiliza como biocombustible para seguir efectuando investigaciones que determinen el uso de biocombustibles dentro del campo automotriz.
- Efectuar la revisión pertinente en las partes esenciales del vehículo que se encuentren en óptimo funcionamiento para poder obtener un rendimiento adecuado del vehículo al momento de realizar las distintas pruebas y poder adquirir resultados confiables.
- Empezar un estudio relacionado con la presión de trabajo del turbo de los vehículos y realizar pruebas en ciudades que se encuentren a nivel del mar para la respectiva comparación de los datos con respecto a las pruebas presentadas actualmente.
- Evitar el ingreso de aire al sistema de inyección de combustible para que el vehículo no tenga problemas de encendido en cada intercambio de las distintas mezclas de combustibles con las que se realizó las respectivas pruebas.
- Realizar pruebas utilizando iguales cantidades de biodiesel en las mezclas con vehículos semejantes en marca con diferentes años de fabricación para poder realizar la comparación de los datos obtenidos de las diferentes pruebas en el presente texto, y poder corroborar la información tabulada con respecto a torque, potencia y opacidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebes, S. (2007). *Mantenimiento de vehículos autopropulsado*. Madrid: Editex S.A.
- Agudelo, J., Benjumea, P., Gomez, E., & Perez, J. (2003). *BIODIESEL Ingeniería y Desarrollo*.
Obtenido de Una revision desempeño mecanico y ambiental :
<http://www.redalyc.org/pdf/852/85201301.pdf>
- Ariza, P. C. (2012). *Estudio de prefactibilidad para la producción de biodiesel a partir de aceite de higuera*. Bucaramanga: Universidad Industrial sw Santander.
- Arroyo, E., Rocha, J., & Llanes, E. L. (2017). Evaluacion del multiple de escape para el motor G13B suzuki. metodologia digital y experimental . *CONIADT ESPE 2017*.
- ASTM. (2013). Biosiesel blend (B6 to B20). *Starndard Specificatuin for Diesel Fuel Oil*, 1-2.
- Bosch. (2005). Sistema de Inyección Diesel. *BOSCH*.
- Canakci, M. (2007). *Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel*. Bioresource technology.
- Chacon, L. (2017). *Estudio de los parametros de reaccion para la produccion de biodiesel en condiciones no convencionales a partir de aceite de palma*. Obtenido de
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13302/1/T-ESPEL-IPE-0002.pdf>
- Cheung, C., Zhu, I., & Huang, Z. (2009). regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with biodiesel blended with methanol. *Atmos Environ* , 4865-72.
- Decreto Ejecutivo 1303. (17 de Septiembre de 2012). *International Energy Agency*. Obtenido de
http://www.iea.org/media/pams/ecuador/PAMs_Ecuador_Blendingmanadate201.pdf
- Delgado, D. (2015). Balace Energético Nacional 2015 año base 2014. *Ministerio Coordinador de Sectores Estrategicos*.
- Díaz, J. (2006). *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. Cali: Universidad del Valle.
- Dinis, A. &. (2012). *Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales: métodos de síntesis*. Badajoz: Universidad de Extramadura. Departamento de Ingeniería Química y Química Física.
- Dynojet. (2006). Automotive Catalg . *Dynamometers and diagnostic*.
- Finesso, R. &. (2014). *Ignition delay prdiction of multiple injections in diesel engines* (Vol. 119). FUEL.
- Gorky, G., Castillo, J., & Escalante, A. (2016). DETERMINACION DE TORQUE Y

POTENCIA DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA UTILIZANDO MEZCLAS PARCIALES DE BIODIESEL. *Ingenieria solidaria*, vol 12, 22-29.

Hilbert, L., Bagge-Ravn, D., Kold, J., & Gram, L. (2003). Influence of surface roughness of stainless steel on microbial adhesion and corrosion resistance. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol 52, 175-185.

IEA Statistics. (2013). *Energy Balances of non-oecd Countries (2015 edition)*. Obtenido de International Energy Agency, : https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldTrends_NonOECD_countries2015.pdf.

Imbaquingo, R., Melo, J., Mafla, C., Benavides, I., & Hernández, E. (2018).

CUANTIFICACION DE LA OPACIDAD EN MOTORES ELECTRICOS DIESEL USANDO DIESEL Y BIODIESEL. *Revista de Ciencia y Tecnologia* , 102-105.

INEN. (2009). *Norma Técnica Ecuatoriana NTN INEN 2482:2009*. Obtenido de Biodiesel requisitos: <https://archive.org/details/ec.nte.2482.2009>

Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2000). GESTION AMBIENTAL . *VEHICULOS AUTOMOTORES. DETERMINACION DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTATICA. METODO DE ACELERACION LIBRE* . QUITO: INEN .

Issariyakul, T., & Dalay, A. (2014). Biodiesel from vegetable oils. *Renewable and sustainable Energy Reviews*, 31.

Llanes, E., Rocha, J., Salazar, P., & Medrano, J. (2017). Produccion e impacto de biodiesel . *INNOVA Research Journal*, 59-76.

LLanes, E., Zambrano, V., Cevallos, S., mena, R., & Rocha, J. (2017). *Teoría de selección y dimensionamiento del parque automotor*. Quito : Comisión Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Lopez, N., De los Santos Reyes, I., Jimenez, A., & Palacios, R. (s.f.). *BIODIESEL*. Obtenido de Historia detras de la moda: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36967867/Biodiesel.pdf>

Mafla, C., Benavides, I., & Hernández, P. (05 de Junio de 2017). Comparacion de la producción de hollín con B5 a base de aceite de ricino con diesel fosil en motores de compresión. Tulcan , Carchi, Ecuador .

Mena, L., Roman, M., LLanes, E., Barreno, N., Mena, S., & Rocha, J. (2017). Estudio de

- rigurosidad por analisis de Fourier de las toberas de inyectores en sistema riel comun CRDI. *Revista Chilena de Ingenieria* , 5-8.
- Mena, L., Román, N., Llanes, E., Barreno, N., Mena, S., & Rocha, J. (2017). Estudio de rugosidad por analisis de fourier de las toberas de inyectores en sistema riel común (CRDI). *Revista chilena de ingenieria* , 2-6.
- Mofijur, M., Rasul, M., Hyde, J., Azad, A., & Mamat, R. &. (2016). role of biofuel and their binary (diesel-biodiesel) and ternary (ethanol-biodiesel-diesel), blends on internal combustion engines emission reduction . *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 265-278.
- Montilla, F. (01 de Mayo de 2014). *Biocombustibles-Inversión Mundial*. Obtenido de <https://www.econlink.com.ar/biocombustibles-inversion-mundial-biocombustibles>
- Morones, A. (12 de Diciembre de 2006). Pruebas en dinamometro de chasis a un vehiculo diesel de pasajeros utilizando mezclas de biodiesel y diesel. Monterrey , Mexico .
- Parera, A. (1996). *Inyección electrónica en motores diesel*. Barcelona: Marcombo ed.
- Pérez, E., Otero, M., & Delgado, A. (2012). Produccion de biodiesel a partir de organismos oleaginosos. *Una fuente de energia renovable* , 22-32.
- Pulkrabek, W. (2013). Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. *Canada: Practice Hall*.
- Quintero, C., & Moreno, S. (2014). *Caracterizacion del desempeño de un motor diesel a partir de la implementacion de diferentes mezclas biocombustible/diesek*. Obtenido de <http://repository.usta.edu.co/handle/11634/3592>
- Reyes, G., Castillo, J., & Escalante, A. (2016). Determinación de torque y potencia de un motor de combustion interna utilizando mezclas parciales de biodiesel . *Ingenieria solidaria*, vol. 12, 23-31.
- Rocha, J., & Zambrano, V. (2015). Análisis del funcionamiento de motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos. 14-16.
- Rodríguez, D. (07 de Diciembre de 2017). Estudio del comportamiento del motor a gasolina utilizando bioetanol a partir despojos de maiz en la provincia de Imbabura-Ecuador. Ibarra, Imbabura , Ecuador .
- Santivañez, L. (ABRIL de 2016). *Evaluacion experimental del consumo de combustible y las emisiones gaseosas de un motor diesel utilizando 3 mezclas de diesel y biodiesel DB5*,

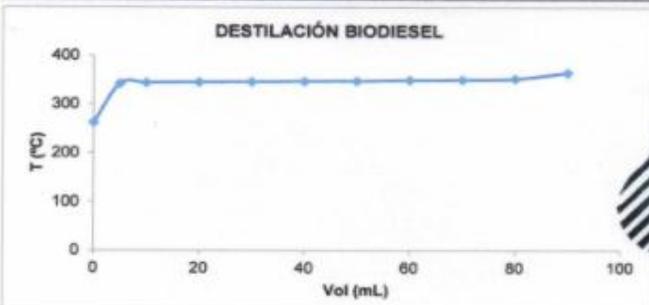
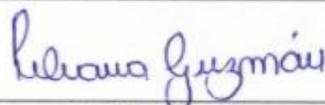
- DB7, DB10. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/54227457.pdf>
- Schafer, A. (1995). *The use of biofuel in modern diesel engines*. PORIM International Biofuel Conference.
- Serway, R. &. (2001). *Física*. México D. F.: Pearson Education.
- Tinaut, F. M. (1999). *Comportamiento del estermético de girasol como combustible en motores diesel*. Universidad de Valladolid.
- Torres, A., Castillo, V., Lugo, R., Lugo, H., Cervantes, J., & Aguilar, R. (2015). Poder calorífico inferior de biodiesel de distintas fuentes y su desempeño en el motor. *MEMORIAS DEL XXX CONGRESO NACIONAL DE TERMODINAMICA*, 9-14.
- Trobaugh, C., Burbrink, C., Zha, Y., Whitacre, S., Corsi, c., & Blizard, N. (2013). "Internal Diesel Injector Deposits: Theory and investigation into organic and inorganic based deposits". *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*. Vol 6, 772-784.
- Valencia, G. (22 de Octubre de 2008). Trazabilidad en las Mediciones de Opacidad. *Trazabilidad en las Mediciones de Opacidad*. Querétro, Mexico.
- WRT BV. (2014). *Descripción de los aditivos*. Obtenido de <http://www.wrtbv.com/español/aditivos-para-combustible>
- Yasin, M., Yusaf, T., Mamat, R., & Fitri, A. (2014). Characterization of a diesel engine operating with a small proportion of methanol as a fuel additive in biodiesel blend. *Applied Energy*, 865-873.
- Zaglinskis, J., Lukkács, K., & Bereczky, A. (2015). Comparison of properties of a compression ignition engine operating on. *Fuel*, 2-5.
- Zhimin, Z., Zhang, Y., li, X., Zhou, H., & Sun, B. (2011). Influences of varius cutting parametes on the surface roughness during turnings stainless steel. *Acoustical Physics vol 57*, 114-120.

ANEXOS

Anexo A.

Tablas de caracterización de los biocombustibles.

Caracterización biodiesel 100%.

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA LABORATORIO DE PETRÓLEOS			Página 1 de 6
				HI01
REPORTE DE ANÁLISIS N° ALPEP 045-017 ORDEN DE TRABAJO 5421				
INFORMACIÓN GENERAL:				
CLIENTE	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
MUESTRA	BODIESEL	NÚMERO DE MUESTRAS	1	
FECHA RECEPCIÓN	25-08-2017	FECHA DE ENTREGA INFORME	06-10-2017	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:				
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CAPACIDAD
B100 – NaOH Biodiesel	LPM103-SEP	Biodiesel	Vidrio	1 L
RESULTADOS OBTENIDOS:				
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	VALOR OBTENIDO
LPM103-SEP	*Densidad a 15 °C	ASTM D1298-12b	kg/m ³	882
	*Punto de inflamación copa cerrada	ASTM-D93	°C	170
	*Contenido de agua por centrifugación (BSW)	ASTM D1796	%	<0,05
	*Contenido de agua por destilación	ASTM D95	mg/kg	290.02
	*Viscosidad cinemática a 40 °C	ASTM-D445	mm ² /s	6.069
	*Contenido de azufre	ASTM D4294-16	mg/kg	6.6
	*Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130-12	Clasificación	1A
	*Índice de cetano calculado	ASTM D976-06	—	47.7
	*Temperatura de destilación al 90% recuperado	ASTM D1160	°C	365
*Número de Acidez (TAN)	ASTM D664-11a	mg KOH/g	3.87	
INFORMACIÓN ADICIONAL:				
				
				
 Ing. Lilliana Guzmán Jefa del Laboratorio de Petróleos		 Ing. Tania Parra Especialista de Laboratorio de Petróleos		

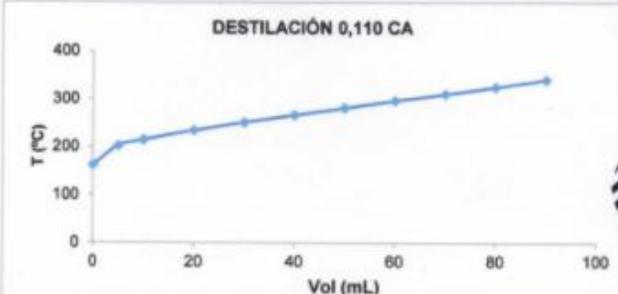
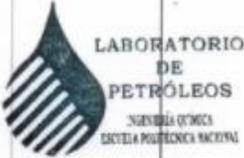
NOTA:

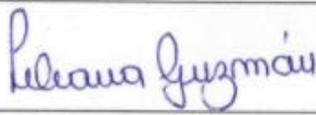
- *Los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no están acreditados
- Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio
- El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra.

Caracterización mezcla Diésel 90%-Biodiesel 10% con aditivo (B1A).

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA LABORATORIO DE PETRÓLEOS			Página 3 de 6
				H101

REPORTE DE ANÁLISIS Nº ALPEP 041-017 ORDEN DE TRABAJO 5406				
INFORMACIÓN GENERAL:				
CLIENTE	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
MUESTRA	DIÉSEL	NÚMERO DE MUESTRAS	1	
FECHA RECEPCIÓN	25-08-2017	FECHA DE ENTREGA INFORME	06-10-2017	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:				
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CAPACIDAD
0.110 mL CON ADITIVO	LPM105-SEP	Mezcla Diésel-Biodiesel	Vidrio	1 L
RESULTADOS OBTENIDOS:				
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	VALOR OBTENIDO
LPM105-SEP	*Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	61
	*Contenido de azufre	ASTM D4294-16	ppm	119.75
	*Corrosión lámina de cobre	ASTM D130-12	---	1A
	*Índice de cetano calculado	ASTM D976-06	---	51.9
	*Ensayo de destilación: Temperatura del 90%	ASTM D86-15	°C	342
	*Viscosidad cinemática a 40 °C	ASTM D445-15a	mm ² /s	3.459
	*Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	<0.05
INFORMACIÓN ADICIONAL:				
				
				

	
Ing. Liliana Guzmán	Ing. Tania Parra
Jefa del Laboratorio de Petróleos	Especialista de Laboratorio de Petróleos

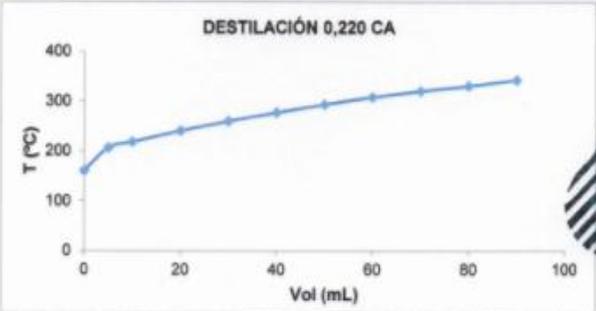
NOTA:

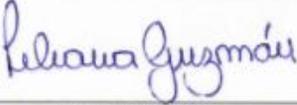
- *Los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no están acreditados
- Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio
- El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra.

Caracterización mezcla Diésel 80%-Biodiesel 20% con aditivo (B20A).

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA LABORATORIO DE PETRÓLEOS			Página 5 de 6
				HI01

REPORTE DE ANÁLISIS N° ALPEP 041-017 ORDEN DE TRABAJO 5406				
INFORMACIÓN GENERAL:				
CLIENTE	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK			
MUESTRA	DIÉSEL	NÚMERO DE MUESTRAS	1	
FECHA RECEPCIÓN	25-08-2017	FECHA DE ENTREGA INFORME	06-10-2017	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:				
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CAPACIDAD
0.220 mL CON ADITIVO	LPM107-SEP	Mezcla Diésel-Biodiesel	Vidrio	1 L
RESULTADOS OBTENIDOS:				
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	VALOR OBTENIDO
LPM107-SEP	*Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	64
	*Contenido de azufre	ASTM D4294-16	ppm	105.99
	*Corrosión lámina de cobre	ASTM D130-12	---	1A
	*Índice de cetano calculado	ASTM D976-06	---	52.5
	*Ensayo de destilación: Temperatura del 90%	ASTM D86-15	°C	343
	*Viscosidad cinemática a 40 °C	ASTM D445-15a	mm ² /s	3.283
	*Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	<0.05
INFORMACIÓN ADICIONAL:				
				
				

	
Ing. Liliana Guzmán	Ing. Tania Parra
Jefa del Laboratorio de Petróleos	Especialista de Laboratorio de Petróleos

NOTA:

- *Los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no están acreditados
- Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente Informe sin autorización del Laboratorio
- El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra.

Anexo B.

Tablas de pruebas de torque y potencia.

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 1 (diésel).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maigua #2399 on 2018-01-23 @ 12-36-00](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1200	25.13	-3.391	14.51	103.9
1300	26.43	-3.277	14.51	107.0
1400	30.99	-2.780	14.52	116.3
1500	35.57	-2.214	14.52	124.6
1600	39.90	-1.558	14.52	131.0
1700	44.46	-0.794	14.51	137.4
1800	50.68	0.135	14.51	147.9
1900	57.51	1.175	14.51	159.0
2000	64.50	2.270	14.51	169.4
2100	72.20	3.413	14.52	180.6
2200	79.95	4.551	14.52	190.8
2300	86.29	5.577	14.52	197.0
2400	90.46	6.415	14.52	197.9
2500	92.75	6.987	14.53	194.8
2600	93.98	7.244	14.53	189.8
2700	93.82	7.284	14.52	182.5
2800	90.94	7.243	14.52	170.5
2900	86.33	7.182	14.52	156.3
3000	82.78	7.132	14.52	144.9
3100	80.78	7.080	14.53	136.8
3200	78.49	7.024	14.53	128.8
3300	75.48	6.969	14.54	120.3
3400	71.91	6.895	14.54	111.5
3500	67.24	6.779	14.54	101.6
3600	60.61	6.589	14.53	89.35
3700	52.07	6.366	14.53	74.96
3800	42.82	6.168	14.50	60.24

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 2 (diésel).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maigua #2398 on 2018-01-23 @ 12-27-59](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1100	19.09	-3.511	14.58	86.05
1200	22.50	-3.342	14.58	97.24
1300	27.47	-2.984	14.58	111.0
1400	31.72	-2.509	14.59	119.0
1500	36.22	-1.932	14.60	126.9
1600	40.63	-1.236	14.60	133.4
1700	45.47	-0.400	14.58	140.5
1800	51.92	0.620	14.57	151.5
1900	59.08	1.731	14.56	163.3
2000	66.48	2.861	14.56	174.5
2100	74.32	4.018	14.56	185.9
2200	81.44	5.147	14.56	194.3
2300	86.83	6.092	14.56	198.3
2400	90.88	6.843	14.57	198.9
2500	93.15	7.327	14.57	195.7
2600	94.13	7.518	14.56	190.2
2700	93.69	7.510	14.56	182.2
2800	90.71	7.438	14.57	170.1
2900	86.15	7.361	14.56	156.0
3000	82.99	7.300	14.56	145.3
3100	81.25	7.232	14.57	137.6
3200	78.76	7.150	14.57	129.2
3300	75.93	7.074	14.57	121.0
3400	72.19	7.000	14.58	111.9
3500	67.40	6.880	14.58	101.8
3600	60.71	6.687	14.58	89.46
3700	52.36	6.472	14.57	75.37
3800	42.94	6.252	14.57	60.41
3900	37.38	6.216	14.58	51.36

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 1 (B10A).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maigua #2407 on 2018-01-23 @ 13-03-27](#)Date: [1/23/2018](#)Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1100	18.93	-3.592	8.129	87.68
1200	22.26	-3.436	8.129	98.27
1300	25.85	-3.120	8.129	104.8
1400	30.64	-2.724	8.129	114.9
1500	34.60	-2.286	8.129	121.1
1600	38.29	-1.722	8.130	125.7
1700	41.62	-1.030	8.130	128.6
1800	47.76	-0.172	8.131	139.4
1900	55.17	0.797	8.132	152.5
2000	61.53	1.782	8.133	161.6
2100	68.02	2.822	8.135	170.2
2200	75.11	3.934	8.137	179.3
2300	81.86	5.016	8.139	186.9
2400	87.58	5.950	8.141	191.6
2500	91.33	6.587	8.142	191.8
2600	92.92	6.864	8.143	187.6
2700	92.28	6.901	8.143	179.5
2800	89.01	6.871	8.143	166.9
2900	84.37	6.846	8.143	152.8
3000	80.95	6.827	8.143	141.7
3100	79.22	6.793	8.143	134.2
3200	77.71	6.756	8.143	127.5
3300	75.30	6.715	8.143	120.0
3400	71.42	6.633	8.143	110.8
3500	66.00	6.481	8.142	99.79
3600	59.39	6.261	8.142	87.60
3700	51.31	6.041	8.141	73.90
3800	42.03	5.778	8.141	59.15

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 2 (B10A).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maigua #2408 on 2018-01-23 @ 13-05-34](#)Date: [1/23/2018](#)Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1100	17.24	-3.743	8.129	78.24
1200	19.80	-3.625	8.129	87.13
1300	25.97	-3.235	8.129	105.3
1400	29.65	-2.816	8.129	111.2
1500	33.49	-2.362	8.129	117.3
1600	38.07	-1.795	8.130	125.0
1700	42.64	-1.101	8.130	131.8
1800	48.29	-0.251	8.131	140.9
1900	54.12	0.701	8.132	149.6
2000	59.54	1.681	8.133	156.4
2100	66.73	2.750	8.134	166.8
2200	75.60	3.863	8.136	180.5
2300	83.70	4.983	8.139	191.1
2400	89.01	5.941	8.141	194.7
2500	91.43	6.585	8.142	192.1
2600	92.33	6.874	8.143	186.5
2700	92.57	6.932	8.144	180.0
2800	90.64	6.920	8.144	170.0
2900	86.67	6.889	8.144	156.9
3000	83.50	6.871	8.143	146.2
3100	81.51	6.836	8.143	138.1
3200	79.47	6.787	8.143	130.4
3300	76.68	6.745	8.143	122.2
3400	73.28	6.681	8.143	113.6
3500	68.23	6.536	8.143	103.1
3600	61.24	6.306	8.142	90.26
3700	53.16	6.095	8.142	76.50
3800	44.31	5.888	8.141	62.31

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 3 (B10A).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maigua #2409 on 2018-01-23 @ 13-06-17](#)Date: [1/23/2018](#)Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
900	8.894	-4.020	8.129	48.16
1000	19.29	-3.784	8.129	94.02
1100	19.54	-3.759	8.129	94.51
1200	22.16	-3.491	8.129	97.92
1300	25.87	-3.145	8.129	104.9
1400	30.13	-2.739	8.129	113.0
1500	34.00	-2.277	8.129	119.1
1600	37.93	-1.702	8.130	124.5
1700	42.22	-1.006	8.130	130.5
1800	47.92	-0.136	8.131	139.8
1900	54.32	0.842	8.132	150.2
2000	60.65	1.845	8.133	159.3
2100	67.70	2.917	8.135	169.3
2200	75.63	4.063	8.137	180.5
2300	83.17	5.167	8.139	189.9
2400	88.84	6.085	8.141	194.3
2500	91.71	6.679	8.143	192.7
2600	92.93	6.934	8.144	187.7
2700	92.99	6.973	8.144	180.8
2800	90.48	6.945	8.144	169.7
2900	86.25	6.922	8.144	156.2
3000	83.29	6.898	8.143	145.8
3100	81.74	6.840	8.143	138.5
3200	79.74	6.774	8.143	130.9
3300	76.74	6.716	8.143	122.3
3400	73.12	6.645	8.143	113.4
3500	68.17	6.506	8.143	103.0
3600	61.80	6.290	8.142	91.07
3700	53.31	6.061	8.141	76.70
3800	44.50	5.833	8.141	62.57

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 1 (B20A).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maigua #2410 on 2018-01-23 @ 13-07-26](#)Date: [1/23/2018](#)Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
800	8.530	-4.023	8.129	51.89
900	16.53	-3.818	8.129	89.61
1000	19.43	-3.659	8.129	94.30
1100	19.39	-3.645	8.129	93.83
1200	22.35	-3.410	8.129	98.67
1300	25.52	-3.087	8.129	103.6
1400	29.56	-2.681	8.129	110.9
1500	33.77	-2.210	8.129	118.3
1600	37.80	-1.616	8.130	124.0
1700	41.79	-0.919	8.130	129.1
1800	47.47	-0.076	8.131	138.5
1900	53.95	0.852	8.132	149.1
2000	60.17	1.806	8.133	158.0
2100	66.97	2.843	8.135	167.5
2200	74.63	3.912	8.137	178.2
2300	82.39	4.992	8.139	188.1
2400	88.13	5.954	8.141	192.8
2500	91.04	6.617	8.143	191.2
2600	92.66	6.890	8.143	187.1
2700	92.99	6.916	8.144	180.8
2800	90.32	6.877	8.143	169.4
2900	85.97	6.872	8.143	155.7
3000	83.07	6.885	8.143	145.4
3100	81.45	6.855	8.143	138.0
3200	79.49	6.796	8.143	130.5
3300	76.64	6.734	8.143	122.1
3400	73.29	6.677	8.143	113.6
3500	68.47	6.575	8.143	103.4
3600	61.70	6.381	8.142	90.92
3700	54.16	6.169	8.142	77.90
3800	45.26	5.947	8.141	63.62

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 2 (B20A).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maiqua #2411 on 2018-01-23 @ 13-09-35](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
900	8.463	-4.030	8.129	46.66
1000	18.40	-3.816	8.129	92.21
1100	19.27	-3.737	8.129	93.28
1200	22.06	-3.480	8.129	97.51
1300	25.60	-3.147	8.129	103.9
1400	29.63	-2.750	8.129	111.1
1500	33.59	-2.302	8.129	117.6
1600	37.54	-1.749	8.130	123.2
1700	41.83	-1.069	8.130	129.2
1800	47.04	-0.234	8.131	137.3
1900	53.02	0.682	8.132	146.5
2000	59.29	1.623	8.133	155.7
2100	65.46	2.616	8.134	163.7
2200	72.85	3.693	8.136	173.9
2300	80.67	4.779	8.138	184.2
2400	86.71	5.751	8.140	189.8
2500	90.00	6.446	8.142	189.0
2600	91.28	6.748	8.143	184.4
2700	91.16	6.801	8.143	177.3
2800	88.28	6.783	8.143	165.5
2900	84.11	6.771	8.143	152.3
3000	81.07	6.758	8.143	141.9
3100	79.35	6.719	8.143	134.4
3200	77.66	6.666	8.143	127.4
3300	75.04	6.616	8.143	119.6
3400	71.49	6.544	8.143	110.9
3500	66.47	6.420	8.142	100.5
3600	60.14	6.227	8.142	88.67
3700	52.44	5.999	8.141	75.49
3800	43.18	5.751	8.141	60.75

Tabla de torque y potencia vehículo 1 prueba 3 (B20A).

DYNomite Test Run: [Sebastian Maiqua #2412 on 2018-01-23 @ 13-10-36](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1000	16.60	-3.755	8.129	81.74
1100	18.46	-3.659	8.129	87.15
1200	21.21	-3.479	8.129	94.06
1300	25.50	-3.148	8.129	103.5
1400	29.54	-2.776	8.129	110.8
1500	32.83	-2.338	8.129	114.9
1600	36.29	-1.788	8.130	119.1
1700	41.31	-1.120	8.130	127.6
1800	47.25	-0.303	8.131	137.8
1900	52.79	0.579	8.132	145.9
2000	58.19	1.513	8.133	152.8
2100	64.51	2.535	8.134	161.3
2200	72.78	3.610	8.136	173.7
2300	81.13	4.694	8.138	185.2
2400	87.07	5.671	8.140	190.5
2500	89.61	6.374	8.142	188.2
2600	90.71	6.699	8.143	183.2
2700	91.51	6.775	8.143	178.0
2800	89.50	6.757	8.143	167.8
2900	85.18	6.731	8.143	154.2
3000	81.65	6.728	8.143	142.9
3100	79.62	6.701	8.143	134.9
3200	77.83	6.652	8.143	127.7
3300	75.32	6.609	8.143	120.0
3400	71.91	6.540	8.143	111.5
3500	67.13	6.406	8.142	101.5
3600	60.38	6.201	8.142	89.00
3700	52.26	5.978	8.141	75.24
3800	43.56	5.767	8.141	61.27

Tabla de torque y potencia vehículo 2 prueba 1 (diésel).

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2413 on 2018-01-23 @ 13-20-31](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1100	19.02	-6.394	15.37	84.86
1200	19.35	-6.394	15.38	85.42
1300	21.54	-6.393	15.36	87.56
1400	23.81	-6.394	15.35	89.76
1500	26.27	-6.394	15.35	92.26
1600	29.07	-6.394	15.35	95.53
1700	32.04	-6.393	15.35	98.94
1800	34.75	-6.393	15.35	101.4
1900	37.98	-6.392	15.35	105.0
2000	41.61	-6.392	15.34	109.3
2100	44.98	-6.392	15.34	112.5
2200	48.55	-6.392	15.34	115.9
2300	52.66	-6.392	15.34	120.3
2400	57.32	-6.392	15.34	125.4
2500	61.91	-6.392	15.34	130.1
2600	66.83	-6.391	15.34	135.0
2700	71.71	-6.391	15.33	139.5
2800	76.17	-6.391	15.33	142.9
2900	80.45	-6.391	15.33	145.7
3000	85.04	-6.391	15.33	148.9
3100	90.93	-6.391	15.32	154.1
3200	97.49	-6.390	15.33	160.0
3300	103.0	-6.390	15.32	163.9
3400	106.8	-6.390	15.32	164.9
3500	107.5	-6.390	15.33	161.4
3600	105.7	-6.390	15.33	154.1
3700	104.5	-6.390	15.33	148.3
3800	104.9	-6.390	15.33	145.0
3900	106.0	-6.390	15.33	142.7
4000	107.4	-6.389	15.32	140.9
4100	110.9	-6.390	15.32	142.1
4200	116.6	-6.390	15.32	145.8
4300	119.7	-6.389	15.32	146.2
4400	109.9	-6.389	15.32	131.0

Tabla de torque y potencia vehículo 2 prueba 2 (diésel).

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2414 on 2018-01-23 @ 15-38-42](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1300	18.71	-6.388	15.18	72.76
1400	26.23	-6.388	15.17	92.97
1500	26.36	-6.389	15.17	92.59

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2415 on 2018-01-23 @ 15-39-49](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1100	15.92	-6.384	15.10	71.53
1200	18.62	-6.383	15.11	80.17
1300	21.43	-6.382	15.11	87.22
1400	23.90	-6.383	15.11	90.08
1500	26.65	-6.383	15.10	93.54
1600	29.46	-6.382	15.10	96.72
1700	32.35	-6.382	15.10	99.94
1800	35.15	-6.381	15.10	102.5
1900	38.35	-6.382	15.10	106.0
2000	41.82	-6.381	15.10	109.8
2100	45.11	-6.380	15.10	112.8
2200	48.64	-6.380	15.10	116.1
2300	52.65	-6.380	15.10	120.2
2400	57.36	-6.379	15.09	125.5
2500	62.06	-6.380	15.09	130.4
2600	66.94	-6.379	15.09	135.2
2700	71.47	-6.379	15.09	139.0
2800	75.85	-6.380	15.10	142.3
2900	80.34	-6.380	15.10	145.5
3000	84.99	-6.379	15.09	148.8
3100	90.81	-6.379	15.10	153.8
3200	97.33	-6.379	15.10	159.7
3300	103.8	-6.378	15.09	165.2
3400	108.8	-6.378	15.09	168.1
3500	110.6	-6.378	15.10	165.9
3600	108.8	-6.378	15.09	158.8
3700	107.6	-6.378	15.09	152.7
3800	108.1	-6.379	15.09	149.3
3900	109.6	-6.379	15.09	147.5
4000	111.6	-6.378	15.09	146.5
4100	113.9	-6.378	15.09	145.9
4200	119.0	-6.378	15.09	148.8
4300	123.5	-6.379	15.09	150.8
4400	112.9	-6.379	15.08	134.7

Tabla de potencia

torque y vehículo 2

prueba 3 (diésel).

Tabla de torque y potencia vehículo 2 prueba 1 (B10A).

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2422 on 2018-01-23 @ 15-53-01](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1300	23.33	-6.354	14.71	90.17
1400	24.25	-6.354	14.71	91.38
1500	27.23	-6.354	14.71	95.45
1600	30.26	-6.354	14.71	99.31
1700	33.25	-6.354	14.70	102.7
1800	36.06	-6.354	14.70	105.2
1900	39.21	-6.354	14.70	108.4
2000	42.77	-6.354	14.70	112.3
2100	46.12	-6.354	14.70	115.3
2200	49.67	-6.353	14.70	118.6
2300	53.76	-6.352	14.70	122.8
2400	58.78	-6.352	14.70	128.6
2500	63.85	-6.352	14.69	134.2
2600	68.88	-6.352	14.69	139.1
2700	73.79	-6.352	14.69	143.5
2800	78.38	-6.351	14.69	147.0
2900	82.72	-6.351	14.69	149.8
3000	86.79	-6.351	14.69	151.9
3100	92.29	-6.351	14.69	156.4
3200	98.95	-6.351	14.69	162.4
3300	105.3	-6.351	14.69	167.6
3400	110.7	-6.351	14.69	171.0
3500	114.9	-6.351	14.69	172.4
3600	117.7	-6.351	14.69	171.8
3700	119.1	-6.351	14.69	169.1
3800	120.1	-6.351	14.68	166.0
3900	121.0	-6.350	14.68	163.1
4000	121.6	-6.350	14.68	159.7
4100	121.8	-6.350	14.68	156.0
4200	121.4	-6.350	14.68	151.9
4300	120.7	-6.350	14.69	147.4
4400	118.5	-6.349	14.69	141.4
4500	112.2	-6.349	14.69	130.9

Tabla de torque y potencia vehículo 2 prueba 2 (B10A).

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2423 on 2018-01-23 @ 15-56-01](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1100	13.24	-6.336	14.69	59.46
1200	17.28	-6.335	14.69	74.60
1300	22.46	-6.334	14.69	91.07
1400	25.17	-6.333	14.68	94.53
1500	27.99	-6.332	14.68	97.96
1600	30.81	-6.332	14.69	101.1
1700	33.59	-6.331	14.69	103.8
1800	36.31	-6.330	14.69	105.9
1900	39.45	-6.330	14.68	109.0
2000	42.53	-6.330	14.68	111.7
2100	45.36	-6.329	14.68	113.4
2200	48.80	-6.328	14.68	116.5
2300	53.13	-6.328	14.68	121.3
2400	58.25	-6.328	14.68	127.5
2500	63.32	-6.328	14.68	133.0
2600	68.14	-6.328	14.68	137.7
2700	72.68	-6.328	14.67	141.4
2800	77.00	-6.328	14.67	144.4
2900	81.44	-6.328	14.67	147.5
3000	85.84	-6.327	14.67	150.3
3100	90.35	-6.327	14.67	153.1
3200	95.32	-6.327	14.67	156.4
3300	100.5	-6.326	14.67	159.9
3400	104.1	-6.326	14.67	160.9
3500	106.5	-6.327	14.67	159.7
3600	108.7	-6.326	14.67	158.6
3700	110.7	-6.326	14.67	157.1
3800	112.7	-6.326	14.67	155.8
3900	115.4	-6.326	14.67	155.5
4000	118.1	-6.326	14.67	155.0
4100	119.4	-6.325	14.67	152.9
4200	119.2	-6.325	14.67	149.1
4300	119.1	-6.325	14.67	145.5
4400	113.8	-6.325	14.68	135.7

Tabla de torque y potencia vehículo 2 prueba 3 (B10A).

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2424 on 2018-01-23 @ 15-57-22](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1000	14.55	-6.315	14.69	73.25
1100	17.46	-6.315	14.68	84.22
1200	20.38	-6.316	14.68	89.68
1300	22.53	-6.317	14.68	91.33
1400	25.05	-6.317	14.68	94.13
1500	27.74	-6.316	14.68	97.13
1600	30.54	-6.315	14.68	100.2
1700	33.53	-6.314	14.68	103.6
1800	36.22	-6.314	14.67	105.7
1900	39.33	-6.314	14.67	108.7
2000	42.80	-6.313	14.67	112.4
2100	46.05	-6.313	14.67	115.2
2200	49.43	-6.312	14.66	118.0
2300	53.52	-6.312	14.66	122.2
2400	58.44	-6.313	14.66	127.9
2500	63.46	-6.312	14.66	133.3
2600	68.29	-6.312	14.67	138.0
2700	72.80	-6.312	14.66	141.6
2800	76.65	-6.311	14.66	143.7
2900	80.76	-6.311	14.65	146.3
3000	84.88	-6.312	14.65	148.6
3100	89.59	-6.312	14.65	151.8
3200	95.47	-6.312	14.65	156.7
3300	101.5	-6.311	14.65	161.5
3400	106.3	-6.311	14.65	164.2
3500	110.1	-6.310	14.65	165.1
3600	113.2	-6.310	14.65	165.1
3700	115.4	-6.310	14.65	163.8
3800	117.6	-6.310	14.66	162.5
3900	120.4	-6.310	14.66	162.1
4000	123.0	-6.309	14.65	161.5
4100	124.7	-6.309	14.65	159.7
4200	124.7	-6.309	14.65	156.0
4300	124.5	-6.309	14.65	152.0
4400	123.5	-6.309	14.65	147.4
4500	118.8	-6.309	14.64	138.6
4600	107.2	-6.308	14.64	122.3
4700	96.00	-6.308	14.65	107.6
4800	84.99	-6.307	14.65	93.57
4900	71.49	-6.307	14.65	77.40

Tabla de torque y potencia vehículo 2 prueba 1 (B20A).

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2425 on 2018-01-23 @ 15-58-41](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1100	17.64	-6.325	14.65	82.00
1200	20.66	-6.326	14.65	90.82
1300	22.80	-6.327	14.65	92.38
1400	25.04	-6.328	14.65	94.14
1500	27.72	-6.328	14.65	97.06
1600	30.69	-6.327	14.65	100.7
1700	33.51	-6.327	14.64	103.5
1800	36.15	-6.327	14.64	105.5
1900	39.34	-6.327	14.64	108.7
2000	42.74	-6.327	14.63	112.2
2100	46.01	-6.327	14.64	115.1
2200	49.56	-6.327	14.64	118.3
2300	53.78	-6.327	14.64	122.8
2400	58.56	-6.327	14.64	128.2
2500	63.27	-6.327	14.64	132.9
2600	68.36	-6.327	14.64	138.1
2700	73.11	-6.327	14.63	142.2
2800	77.41	-6.327	14.63	145.2
2900	81.56	-6.327	14.63	147.7
3000	85.84	-6.327	14.63	150.3
3100	91.11	-6.327	14.63	154.4
3200	97.88	-6.327	14.63	160.7
3300	105.1	-6.327	14.63	167.3
3400	110.5	-6.327	14.62	170.6
3500	113.9	-6.326	14.63	170.9
3600	116.8	-6.326	14.62	170.4
3700	119.6	-6.326	14.62	169.8
3800	121.6	-6.326	14.62	168.0
3900	122.9	-6.326	14.63	165.5
4000	124.3	-6.326	14.62	163.2
4100	125.0	-6.326	14.63	160.1
4200	124.5	-6.325	14.63	155.7
4300	124.0	-6.325	14.63	151.5
4400	122.5	-6.325	14.63	146.2
4500	89.66	-6.325	14.62	104.9

Tabla de torque y potencia vehículo 2 prueba 2 (B20A).

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2426 on 2018-01-23 @ 16-00-35](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1200	19.78	-6.328	14.62	82.76
1300	22.13	-6.328	14.62	89.24
1400	26.05	-6.327	14.62	97.70
1500	28.66	-6.325	14.62	100.3
1600	31.42	-6.324	14.63	103.2
1700	34.14	-6.324	14.62	105.5
1800	36.78	-6.323	14.61	107.3
1900	39.74	-6.322	14.61	109.9
2000	42.83	-6.322	14.61	112.4
2100	45.83	-6.322	14.61	114.6
2200	49.23	-6.322	14.61	117.5
2300	53.29	-6.322	14.61	121.7
2400	58.41	-6.321	14.61	127.8
2500	63.72	-6.321	14.62	133.8
2600	68.50	-6.321	14.61	138.4
2700	72.92	-6.321	14.62	141.8
2800	76.98	-6.321	14.61	144.4
2900	80.74	-6.321	14.61	146.2
3000	84.21	-6.321	14.61	147.4
3100	87.49	-6.321	14.61	148.3
3200	90.95	-6.320	14.61	149.3
3300	94.68	-6.320	14.61	150.7
3400	97.62	-6.319	14.62	150.8
3500	99.92	-6.319	14.61	149.9
3600	102.4	-6.320	14.61	149.4
3700	104.0	-6.319	14.61	147.6
3800	105.1	-6.318	14.60	145.2
3900	107.0	-6.318	14.60	144.1
4000	109.3	-6.318	14.60	143.4
4100	111.1	-6.318	14.60	142.3
4200	111.9	-6.318	14.60	139.9
4300	112.2	-6.318	14.60	137.0
4400	109.1	-6.318	14.61	130.2

Tabla de torque
vehículo 2
(B20A).

y potencia
prueba 3

DYNomite Test Run: [Roberto Cabascango #2427 on 2018-01-23 @ 16-02-39](#)
 Date: [1/23/2018](#)
 Correction Method: [SAE](#)

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1500	25.01	-6.305	14.61	84.40
1600	28.52	-6.306	14.60	93.18
1700	33.49	-6.306	14.60	103.5
1800	36.38	-6.306	14.60	106.2
1900	39.65	-6.305	14.60	109.6
2000	42.97	-6.305	14.60	112.8
2100	46.12	-6.305	14.60	115.4
2200	49.66	-6.305	14.60	118.5
2300	53.78	-6.304	14.61	122.8
2400	58.85	-6.304	14.60	128.8
2500	63.93	-6.304	14.60	134.3
2600	68.71	-6.303	14.60	138.8
2700	73.11	-6.303	14.59	142.2
2800	77.25	-6.303	14.59	144.9
2900	81.42	-6.303	14.59	147.4
3000	85.27	-6.303	14.59	149.3
3100	89.69	-6.303	14.60	152.0
3200	94.66	-6.303	14.60	155.4
3300	99.24	-6.303	14.59	157.9
3400	102.9	-6.302	14.60	158.9
3500	106.1	-6.302	14.60	159.3
3600	108.9	-6.302	14.59	158.9
3700	110.3	-6.302	14.59	156.6
3800	111.7	-6.301	14.59	154.4
3900	113.9	-6.301	14.59	153.3
4000	115.7	-6.301	14.59	152.0
4100	116.8	-6.301	14.59	149.6
4200	115.9	-6.301	14.59	145.0
4300	114.0	-6.301	14.59	139.2
4400	109.2	-6.301	14.59	130.3

Anexo C.

Certificado de MANDIESEC.

Certificación de haber realizado las pruebas de dos vehículos pruebas de opacidad.

