



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL
BIODIÉSEL B5 A BASE DE ACEITE DE HIGUERILLA.**

AUTOR: DIANA VANESSA BARRIGA PERUGACHI

DIRECTOR: ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS MSC.

Ibarra - 2020

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “**Caracterización fisicoquímica de biodiésel B5 a base de aceite de higuera**” presentado por la señorita: **Diana Vanessa Barriga Perugachi** con número de cédula 1721806444, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 15 días del mes junio del 2020.

Atentamente



Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de texto completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1721806444
APELLIDOS Y NOMBRES:	Diana Vanessa Barriga Perugachi
DIRECCIÓN:	Av. Jaime Rivadeneira y Mariano Acosta
EMAIL:	dvbarrigap@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Caracterización fisicoquímica del biodiésel B5 a base de aceite de higuera.
AUTOR:	Diana Vanessa Barriga Perugachi
FECHA:	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos, MSc.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de junio de 2020.

AUTOR

A handwritten signature in blue ink that reads "Diana Vanessa". The signature is stylized with loops and a horizontal line extending to the right.

Diana Vanessa Barriga Perugachi

1721806444

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado a mis padres Victor Julio Barriga y Gloria Esperanza Perugachi por haberme brindado la oportunidad de continuar con mis estudios académicos sin nunca perder la confianza en mi persona.

Diana Vanessa Barriga Perugachi

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha brindado sólidos conocimientos para desempeñarme en el campo profesional. Así como, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, que me han compartido su sabiduría y experiencias en el transcurso del día a día.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xvi
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Problema de investigación	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo General	1
1.2.2 Objetivos Específicos	1
1.3 Justificación	2
1.4 Marco Teórico	2
1.4.1 Biocombustibles	2
1.4.2 Clasificación Biocombustibles	3
1.4.3 Biodiésel	5
1.4.4 Ventajas Ambientales	6
1.4.5 Los Biocombustible en el Ecuador	6
1.4.6 Biodiésel de Higuierilla	7
1.4.7 Obtención del Biodiésel de Higuierilla	8
1.4.8 Requisitos del Biodiésel	8
1.4.8.1 Normativa NTE INEN 2482:2009	8
1.4.8.2 Normativa ASTM D6751	9
1.4.9 Combustible fósil Diésel	10
1.4.10 Emisiones contaminantes	11
1.4.10.1 Composición de los gases de escape	11
1.4.11 Motores Diésel	14
1.4.11.1 Sistema de inyección de combustible	14
1.4.11.2 Bomba de inyección rotativa VE	15
1.4.11.3 Parámetros de funcionamiento del motor	16
1.4.11.4 Curvas de comportamiento respecto al torque	17
1.4.11.5 Curvas de comportamiento respecto a la potencia	18
2 MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1 Materiales	19
2.1.1 Materia prima	19
2.1.2 Vehículo de prueba	19
2.1.3 BYPASS Suministro de combustible externo	20
2.2 Equipos	21
2.2.1 Analizador de gases Brain Bee AGS-688	21
2.2.2 Tacómetro y medidor de temperatura MGT-300	22
2.2.3 Dinamómetro inercial	23
2.3 Metodología	24
2.3.1 Método Cuantitativo	24
2.3.2 Método Comparativo	26
2.3.3 Evaluación y preparación del vehículo	27
2.3.4 Preparación de equipos	28

2.3.5 Medición de gases de escape	28
2.3.6 Método Inductivo	30
2.4 Torque y potencia	31
2.4.1 Preparación de equipos	31
2.4.2 Pruebas de evaluación Torque y Potencia	32
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1 Caracterización fisicoquímica biodiésel a base de higuera en proporción B5	34
3.2 Comparación resultados biodiésel B5 y norma ASTM e INEN	35
3.2.1 Comparación densidad a 15°C	36
3.2.2 Comparación punto de inflamación	38
3.2.3 Comparación sedimento básico y agua	39
3.2.4 Comparación agua por destilación	41
3.2.5 Comparación cenizas sulfatadas	42
3.2.6 Comparación viscosidad cinemática a 40°C	43
3.2.7 Comparación cantidad de azufre	45
3.2.8 Comparación carbón Conradson (residuo carbonoso)	46
3.2.9 Comparación corrosión a la lámina de cobre Cu	48
3.2.10 Comparación índice de cetano calculado	49
3.2.11 Comparación temperatura de destilación al 90% recuperado	51
3.2.12 Comparación sodio y potasio «Na+K»	52
3.2.13 Comparación calcio y magnesio «Ca+Mg»	53
3.3 Emisiones de gases	55
3.3.1 Análisis monóxido de carbono CO «% vol.»	55
3.3.2 Análisis dióxido de carbono CO ₂ «% vol.»	56
3.3.3 Análisis óxido de nitrógeno NO _x «ppm vol.»	57
3.4 Torque y potencia	59
3.4.1 Torque con combustible diésel	59
3.4.2 Torque con combustible biodiésel B5	61
3.4.3 Comparación torque diésel vs biodiésel B5	63
3.4.3.1 Análisis torque ficha técnica vehículo de prueba	64
3.4.4 Potencia con combustible diésel	65
3.4.5 Potencia con combustible Biodiésel B5	67
3.4.6 Comparación potencia diésel vs biodiésel B5	69
3.4.6.1 Análisis potencia ficha técnica vehículo de prueba	70
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
4.1 Conclusiones	72
4.2 Recomendaciones	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
1.1 Biocombustible según el proceso de obtención	3
1.2 Biocombustible en función de su origen	4
1.3 Biocombustible según su aspecto físico	5
1.4 Características planta higuera	8
1.5 Requisitos biodiésel B100 norma NTE INEN	8
1.6 Requisitos biodiésel B100 norma ASTM	10
1.7 Efectos de los NOx en el ambiente y la salud	12
1.8 Efectos del CO en el ambiente y la salud	12
1.9 Efectos del CO ₂ en el ambiente y la salud	13
1.10 Efectos de los HC en el ambiente y la salud	13
1.11 Efectos de las PM en el ambiente y la salud	13
2.1 Proporciones mezcla biodiésel B5	19
2.2 Características técnicas camioneta Mazda BT-50	20
2.3 Rangos de medición AGS-688	22
2.4 Especificaciones técnicas dinamómetro	23
3.1 Propiedades fisicoquímicas biodiésel B5	34
3.2 Comparación resultados biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	36
3.3 Comparación densidad biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	37
3.4 Comparación Punto de inflamación biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	38
3.5 Comparación sedimento básico y agua biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	40
3.6 Comparación Agua por destilación biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	41
3.7 Comparación Cenizas sulfatadas biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	42
3.8 Comparación Viscosidad cinemática biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	43
3.9 Comparación Azufre biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	45
3.10 Comparación residuo carbonoso biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	47
3.11 Comparación Corrosión a la lámina de cobre biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	48
3.12 Comparación Índice de cetano calculado biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	49

3.13 Comparación Temperatura de destilación al 90% recuperado biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	51
3.14 Comparación sodio y potasio biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	52
3.15 Comparación calcio y magnesio biodiésel B5 con norma ASTM e INEN	54
3.16 Resultados CO «% vol.» diésel Premium y biodiésel B5	55
3.17 Resultados CO ₂ «% vol.» diésel Premium y biodiésel B5	56
3.18 Resultados NO _x «ppm vol.» diésel Premium y biodiésel B5	57
3.19 Emisiones contaminantes de CO CO ₂ y NO _x	58
3.20 Resultados torque diésel Premium	59
3.21 Resultados torque biodiésel B5	61
3.22 Comparación torque diésel Premium y biodiésel B5	63
3.23 Resultados potencia diésel Premium	65
3.24 Resultados potencia biodiésel B5	67
3.25 Comparación potencia diésel Premium y biodiésel B5	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
1.1 Planta de higerilla	7
1.2 Sistema de inyección de combustible	15
1.3 Tipos de bombas de alta presión	16
1.4 Curva característica de torque	17
1.5 Curva característica de potencia	18
2.1 Vehículo de prueba modelo BT-50	19
2.2 Adaptación de un tanque de suministro externo	21
2.3 Analizador de gases Brain Bee AGS-688	22
2.4 Tacómetro y medidor de temperatura MGT-300	23
2.5 Evaluación y preparación del vehículo	27
2.6 Preparación de equipo	28
2.7 Preparación de equipo y vehículo	32
2.8 Proceso de evaluación de pruebas y sustitución de suministro de alimentación	33
3.1 Comparación Densidad	37
3.2 Comparación Punto de inflamación	39
3.3 Comparación Sedimento básico y agua	40
3.4 Comparación Agua por destilación	41
3.5 Comparación cenizas sulfatadas	43
3.6 Comparación Viscosidad cinemática a 40°C	44
3.7 Comparación contenido de azufre	45
3.8 Comparación residuo carbonoso	47
3.9 Comparación corrosión a la lámina de cobre	48
3.10 Comparación índice de cetano	50
3.11 Comparación Temperatura de destilación al 90%	51
3.12 Comparación «Na+K»	53
3.13 Comparación «Ca+Mg»	54
3.14 Comparación emisiones CO diésel Premium y biodiésel B5	56
3.15 Comparación emisiones CO ₂ diésel Premium y biodiésel B5	57
3.16 Comparación emisiones NO _x diésel Premium y biodiésel B5	58

3.17	Resultados torque diésel Premium	60
3.18	Curva dinamómetro torque diésel Premium	60
3.19	Resultados torque biodiésel B5	62
3.20	Curva dinamómetro torque biodiésel B5	62
3.21	Comparación resultados torque diésel y biodiésel B5	64
3.22	Comparación torque ficha técnica y pruebas realizadas	64
3.23	Resultados potencia diésel Premium	66
3.24	Curva dinamómetro potencia diésel Premium	66
3.25	Resultados potencia biodiésel B5	68
3.26	Curvas dinamómetro potencia biodiésel B5	68
3.27	Comparación potencia diésel Premium y biodiésel B5	70
3.28	Comparación potencia ficha técnica y pruebas realizadas	70

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CO₂: Dióxido de carbono, gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos en torno a un 0,03 % en volumen.

°C: Grado Celcius, unidad de medición de la temperatura, y es equivalente en intensidad calórica a la escala de los grados kelvin.

ARCH: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, regula, controla y fiscaliza las actividades técnicas y operacionales en las diferentes fases de la cadena hidrocarburífera que realizan las empresas públicas o privadas, nacionales o extranjeras.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización, entidad nacional encargada de formular las Normas Técnicas Ecuatorianas teniendo como concepto básico satisfacer las necesidades locales y facilitar el comercio nacional e internacional.

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana, normas expedidas por el INEN para cumplir y hacer cumplir a los productos con estándares de calidad.

ASTM: American Society for Testing and Materials, es la mayor organización científica y técnica para el establecimiento y la difusión de normas relativas a las características y prestaciones de materiales, productos, sistemas y servicios.

Na: Sodio, es un metal alcalino de color blanco plateado, blando, ligero y explosivo al contacto con el agua que se encuentra muy abundantemente en la naturaleza, siempre combinado formando sales.

K: Potasio, es un metal alcalino plateado, blando y ligero, que se oxida fácilmente y produce llama en contacto con el agua.

Ca: Calcio, es un metal alcalino de color blanco brillante, blando y dúctil, que se oxida con el aire y el agua.

Mg: Magnesio, es un metal alcalino de color blanco plateado, maleable y ligero, que existe en la naturaleza solamente en combinación química con otros elementos.

CO: Monóxido de carbono, gas venenoso que no tiene olor ni color, lo emite la quema de combustible.

PM: Material particulado, mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire.

NOx: Óxidos de nitrógeno, término genérico que hace referencia a un grupo de gases muy reactivos que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones.

HC: Hidrocarburos, compuesto químico formado por carbono e hidrógeno.

COV: Compuestos orgánicos volátiles, son contaminantes del aire y cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono.

MEP: Motor de encendido provocado, en este tipo de motores la combustión se inicia cerca del final de la carrera de compresión por causa de una o varias chispas.

MEC: Motor de encendido por compresión, al final de la carrera de compresión se inyecta en el cilindro el combustible y debida a las altas temperaturas y presiones el combustible se auto inflama.

Nm: Newton por metro, es una unidad de medida de esfuerzo de torsión en el Sistema Internacional de Unidades.

rpm: Revoluciones por minuto, son unidades de frecuencia que determinan el número de vueltas que da el cigüeñal de un motor por cada minuto.

hp: Caballo de Fuerza, es una unidad de medida de potencia, perteneciente al sistema de medición inglés con el nombre horsepower.

CV: Caballo de Vapor, es una unidad de potencia originada en Francia, y que utiliza unidades del Sistema Métrico Decimal.

cc: Centímetros cúbicos, medida de volumen del Sistema Métrico.

cst: Centistokes, unidad de medida de la viscosidad cinemática de un fluido en el sistema cegesimal.

%P: Porcentaje en masa, relación porcentual entre la masa del soluto disuelto y la masa de la disolución expresada en gramos.

ppm: Partículas por millón, proporción de la concentración de una sustancia con respecto a la concentración de otra.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NUM.	PÁGINA
1. Caracterización fisicoquímica del biocombustible	81
2. Preparación del vehículo	82
3. Pruebas de torque y potencia	84
4. Preparación de equipos	94
5. Medición de gases de escape	95

RESUMEN

El presente trabajo de investigación presenta la caracterización fisicoquímica del biodiésel a base de higuierilla en proporción B5, para ser comparado bajo normativas ASTM e INEN, las cuales tienen estándares de calidad ya establecidas, mediante los resultados obtenidos de la muestra de biodiésel enviada a los laboratorios de la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, se determinó la posibilidad de sustituir el combustible diésel de origen fósil por biodiésel en proporción B5 derivado de la biomasa, teniendo en cuenta el impacto que causa en el motor de una camioneta Mazda BT-50 Diésel y en el medio ambiente. Con este fin se realizó un estudio experimental, el cual se dividió en dos fases, una de ellas fue determinar el comportamiento del motor Diésel mediante pruebas de torque y potencia con diferentes combustibles tales como diésel Premium y biodiésel B5. Las pruebas realizadas en el dinamómetro inercial determinaron un torque de 169 Nm @ 2 587 rpm y una potencia de 66 hp @ 3 120 rpm con diésel fósil, los resultados empleando biodiésel B5 generaron un torque de 171 Nm @ 2 694 rpm y una potencia de 75 hp @ 3 685 rpm, en las mediciones de emisiones contaminantes, a 1 000 y 1 500 rpm se obtuvo 19 y 20% menos emisiones de CO al utilizar biodiésel B5, a 800 rpm las emisiones de CO₂ acentuaron una rebaja del 21% respecto al diésel Premium, los mejores resultados se obtuvieron en la disminución de NO_x, todas las pruebas percibieron rebajas, a 800, 1 000, 1 500 y 2 500 rpm en 20, 34, 41 y 17% respectivamente. La caracterización fisicoquímica del biodiésel B5 presentó características favorables, aprobadas por la norma internacional ASTM y nacional INEN, las propiedades que no cumplieron los estándares de calidad fueron: densidad a 15°C, punto de inflamación, cenizas sulfatadas, azufre, sodio y potasio.

ABSTRACT

The present research work presents the physicochemical characterization of castor-based biodiesel in proportions B5, to be compared under ASTM and INEN standards, which have already established quality values, through the affected results of the biodiesel sample sent to laboratories from the CENTRAL UNIVERSITY OF ECUADOR, the possibility of replacing diesel fuel of fossil origin with biodiesel in proportion B5 derived from biomass was determined, taking into account the impact it causes on the engine of a Mazda BT-50 Diesel truck and on the environment To this end, an experimental study was carried out, which was divided into two phases, one of which determined the behavior of the Diesel engine through torque and power tests with different fuels, such as Premium diesel and B5 biodiesel. The tests carried out on the inertial dynamometer determined a torque of 169 Nm @ 2,587 rpm and a power of 66 hp @ 3 120 rpm with fossil diesel, the results using biodiesel B5 generated a torque of 171 Nm @ 2,694 rpm and a power of 75 hp @ 3 685 rpm, in the measurements of polluting emissions, at 1 000 and 1 500 rpm, 19 and 20% less CO emissions were obtained when using B5 biodiesel, at 800 rpm, CO₂ emissions accentuated a reduction of 21% compared to Premium diesel, the best results were obtained in the decrease of NO_x, all the tests perceived reductions, at 800, 1 000, 1 500 and 2 500 rpm in 20, 34, 41 and 17% respectively. The physicochemical characterization of biodiesel B5 presented favorable characteristics, approved by the international ASTM and national INEN standards, the properties that did not comply with the quality protocols were: density at 15°C, flash point, sulfated ash, sulfur, sodium and potassium.

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE busca aportar de alguna manera con el estudio en biocombustibles a base de higuierilla en proporción B5, promoviendo las investigaciones de energías renovables en la automoción.

Evitando así el cambio climático, provocado principalmente por la acumulación de gases de efecto invernadero como los provenientes de la combustión del petróleo en la ciudad de Ibarra en el norte del país.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del biodiésel de higuierilla en proporción B5.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las propiedades fisicoquímicas del biodiésel de higuierilla en proporción B5 con normas técnicas ASTM e INEN.
- Comparar las emisiones de gases de escape con diésel Premium y biodiésel de higuierilla en mezcla B5.
- Evaluar el desempeño del motor en una camioneta Mazda BT-50 empleando diésel Premium y biodiésel de higuierilla con mezcla B5.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se enfoca en el análisis de las propiedades fisicoquímicas del biodiésel a base de higuierilla en proporción B5, entre ellas cenizas sulfatadas, azufre, corrosión a la lámina de cobre e índice de cetano entre otras características que influyen en la calidad y producción del biodiésel para ser un biocombustible amigable con el medio ambiente.

“Según estudios realizados, el biodiésel reduce entre un 25 a un 80% las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles derivados del petróleo” (Carburando, 2015, pág. 3), por el momento esta es una de las opciones más convenientes ya que el biodiésel es un derivado de la biomasa (Pozzi, 2013, pág. 1).

Siendo así, se realiza pruebas de análisis de gases en una camioneta Mazda BT-50 modelo 2009, comparando las emisiones de gases al utilizar combustible biodiésel de Higuierilla en mezcla B5 respecto al combustible tradicional Diésel Premium, también se evalúa el desempeño del motor utilizando biodiésel de higuierilla en mezcla B5 y Diésel Premium.

Con este desafío, se busca reducir la dependencia de productos derivados de energías fósiles, y así, modificar el patrón de producción y acumulación sin descuidar los límites biofísicos y ciclos naturales (Senplades, 2017/2021, pág. 64).

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles son producto del estudio de nuevas fuentes de energías alternativas generadas a través de biomasa y alcoholes, reduciendo la utilización de los combustibles fósiles en un rango determinado en la industria automotriz.

El término biomasa, en el sentido amplio, se refiere a cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato en el proceso biológico de organismos recientemente vivos, como plantas o sus desechos metabólicos (Edmar & Víctor, 2009, pág. 76).

La utilización de estos biocombustibles tiene como objetivo mitigar las emisiones contaminantes que generan el efecto invernadero calentando la superficie terrestre, apresurando el cambio climático y ayudando a reducir los efectos perjudiciales que se obtiene de los combustibles fósiles (Gunza & Urresta, 2018, pág. 8).

Existen diferentes grupos de biocombustibles que deben cumplir con ciertos requisitos: (Twenergy, 2019, pág. 1)

- Origen orgánico
- Renovable
- Biodegradable
- Sostenible

Debido a que estas características ayudan a distinguir los biocombustibles derivados de biomasa respecto a los combustibles derivados del petróleo, gracias a sus características de protección del medio ambiente.

1.4.2 CLASIFICACIÓN BIOCMBUSTIBLES

Los biocombustibles se pueden clasificar en función de la materia prima y el tipo de tecnología que se emplee para su extracción, de esta manera se distinguen los diferentes biocombustibles de 1ra, 2da, 3ra y 4ta generación.

Tabla 1.1 Biocombustible según el proceso de obtención

Proceso	Técnica	Productos	Aplicaciones
Mecánicos	Astillado Trituración Compactación	Leñas Astillas Aserrín	Calefacción Electricidad
Termoquímicos	Pirolisis Gasificación	Carbón Aceites Gasógeno	Calefacción Electricidad Transporte Industria química
Bioteconológicos	Fermentación Digestión anaeróbica	Etanol Biogás	Transporte Industria química Calefacción Electricidad
Extractivos	Extracción fisicoquímica	Aceites Ésteres Hidrocarburos	Transporte Industria química

Fuente: (Edmar & Víctor, 2009, pág. 77)

Se puede extraer los biocombustibles de varios tipos de cultivos, también de restos que generan las industrias forestales y alimenticias, la tabla 1.2 presenta los diferentes orígenes del biocombustible con sus respectivas clasificaciones de especie o procedencia.

Tabla 1.2 Biocombustible en función de su origen

Origen del biocombustible		Especie o procedencia
Cultivos energéticos	Agrícolas	Cardo, sorgo, miscanto, girasol, soja, maíz, trigo, cebada, remolacha, especies C4 agrícolas...
	Forestales	Sauces, eucaliptos, acacias, especies 4 forestales...
Restos de cultivos agrícolas	Cultivos herbáceos	Paja, restos de cereales y otras especies herbáceas...
	Cultivos leñosos	Olivo, vid, frutales de hueso, frutales de pepita y otras especies leñosas
Restos de tratamientos silvícolas	Podas, claras, restos de cortas finales	Especies forestales de los montes
Restos de industrias forestales	Industrias de primera transformación de la madera	Especies de madera española o importada utilizadas por estas industrias
	Industrias de segunda transformación de la madera	Especies de madera española o importada utilizadas por estas industrias
Resto de industrias agro-alimentarias		Especies vegetales usadas en la industria de la alimentación
Restos de explotaciones ganaderas		Animales de granja, domésticos...
Restos de actividades humanas		Todo tipo de biomasas sólidas urbanas

Fuente: (Goñi & Rojas, 2016, pág. 97)

Los biocombustibles se encuentran en forma sólida como el carbón, líquida en aceites vegetales y gaseosa, la tabla 1.3 presenta diferentes tipos de biocombustibles según su aspecto físico.

Tabla 1.3 Biocombustible según su aspecto físico

Aspecto físico	Biocombustible
Sólidos	Leñas y astillas Paja de cereales y biomasa de cardo, miscanthus... Biocombustibles sólidos densificados (pelets y brinquetas) Carbón vegetal
Líquidos	Líquido piroleñoso Líquido de hidrólisis Bio etanol y bioalcoholes Aditivos oxigenados Aceite vegetal Metil esteres
Gases	Biogás de origen muy diverso

Fuente: (Goñi & Rojas, 2016, pág. 97)

1.4.3 BIODIÉSEL

Es un combustible no tóxico, derivado de aceites vegetales, constituido químicamente de ésteres alquílicos de ácidos grasos que se pueden obtener a través de la transesterificación de los triglicéridos, o de la esterificación de los ácidos grasos, tanto en presencia de un alcohol de cadena corta tal como etanol o metanol y, un catalizador ácido o base (Arroyo, 2013).

El término bio hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; mientras que diésel se refiere a su uso en motores de este tipo (Contributors, 2015, pág. 2).

El biodiésel puede mezclarse y utilizarse en muchas concentraciones diferentes, entre ellas, B100 «biodiésel puro», B20 «20 % de biodiésel, 80 % de diésel de petróleo», B5 «5 % de biodiésel, 95 % de diésel de petróleo» y B2 «2 % de biodiésel, 98 % de diésel de petróleo». B20 es una mezcla común de biodiésel en los Estados Unidos (Costa, 2013,

pág. 1). La nomenclatura B XX corresponde a: (B) Biodiésel y (XX) porcentaje de biocombustible.

1.4.4 VENTAJAS AMBIENTALES

Las ventajas ambientales que se obtienen con el consumo de biodiésel en su totalidad o en porcentajes ya establecidos tienen como objetivo disminuir las emisiones contaminantes producidas en la combustión de los motores Diésel entre otras que se mencionan a continuación:

Contribuye a una reducción del uso de combustibles fósiles, por ende, mayor independencia energética, a una reducción generalizada de emisiones y gases de efecto invernadero.

El biodiésel reduce aproximadamente un 90% de las emisiones de CO₂. El biodiésel no es tóxico, causa menor daño si hay derrames, es menos comburente (Goñi & Rojas, 2016). Dependiendo de la tecnología empleada y de la biomasa utilizada, los biocombustibles pueden ser mucho más baratos que las fuentes de energía que ellos se proponen a sustituir (Costa, 2013, pág. 18).

Es más seguro de transportarlo y almacenar ya que tiene un punto de inflamación 100°C mayor que el diésel fósil (San José, 2007). Además, otro de los beneficios que se notan cuando usan biocombustibles o mezclas de biocombustibles es el olor. El uso de biocombustibles puede hacer que el escape de los automotores huela mejor.

1.4.5 LOS BIOCOMBUSTIBLE EN EL ECUADOR

Los biocombustibles ecopaís y biodiésel dejarán de llamarse como tal y se conocerán como agro combustibles «antes biocombustibles», se buscará incrementar de un 5% a un 10% y 15% el porcentaje de mezcla con el derivado proveniente del crudo (ARCH, 2016, pág. 10).

De acuerdo a los datos del Ministerio de Agricultura, los cultivos de palma aceitera en Ecuador están en el orden de 257 121 hectáreas y la caña de azúcar es cultivada en seis provincias, principalmente en Guayas, Loja, Cañar e Imbabura. Del 80% del cultivo se obtienen azúcar y alcohol, que es el carburante para la gasolina ecopaís (El Universo, 2019, pág. 3).

1.4.6 BIODIÉSEL DE HIGUERILLA

La higuierilla también conocida como *Ricinus Communis* es una planta herbácea, cuya importancia económica se incrementa debido a la utilización de su aceite en la industria y en la producción de biodiésel por lo que en Ecuador se realiza mejoras de esta planta para aprovechar la cosecha y la recolección de todas sus semillas (Iniap, 2014, pág. 1).



Figura 1.1 Planta de higuierilla

La higuierilla es una planta arbustiva de 1 a 5m de altura, con los tallos huecos, ramificados y de color verde o rojizo. Las hojas están partidas de 5 a 8 segmentos, en forma de estrella, con los nervios de color rojizo, sus bordes tienen diente de sierra de tamaño irregular (Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017, pág. 1). A continuación, se presenta en la tabla 1.4 algunas características de la planta de higuierilla como su nombre común, nombre científico, áreas de adaptación de la planta y el tiempo que se demora su ciclo de madurez.

Tabla 1.4 Características planta higuierilla

Nombre común	Higuierilla
Nombre científico	Ricinus communis L
Adaptación	Áreas tropicales y subtropicales semiáridas con baja precipitación pluvial
Ciclo de madurez	120 a 210 días

Fuente: (Márquez, 2017, pág. 12)

1.4.7 OBTENCIÓN DEL BIODIÉSEL DE HIGUERILLA

La extracción del aceite de las semillas de higuierilla es demasiado viscoso 297 cSt, por lo cual no puede ser utilizado directamente en los motores para sustituir al gasoil, es por ello que se debe modificar su estructura química mediante el proceso de transesterificación utilizando químicos de cadena corta como el metano y el hidróxido de sodio, para obtener biodiésel B100.

1.4.8 REQUISITOS DEL BIODIÉSEL

1.4.8.1 NORMATIVA NTE INEN 2482:2009

El Instituto ecuatoriano de normalización INEN establece ciertos requisitos que deben cumplir los fabricantes de biodiésel B100, el biodiésel debe ser homogéneo y visualmente debe estar libre de agua, sedimentos y materiales extraños en suspensión, a continuación, la tabla 1.5 presenta los requisitos que el biodiésel debe cumplir según norma NTE INEN.

Tabla 1.5 Requisitos biodiésel B100 norma NTE INEN

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Métodos de ensayo
Densidad a 15° C	kg/m ³	890	900	ASTM D 1298
Punto de Inflamación	°C	120	---	ASTM D 93
Punto de Turbidez	°C	REPORTAR ¹		
Agua y sedimento	%	---	0,05	ASTM D 1796

Tabla 1.5 Requisitos biodiésel B100 norma NTE INEN (**Continuación...**)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Métodos de ensayo
Contenido de Agua	<i>mg/kg</i>	---	500	ASTM D 95
Viscosidad Cinemática a 40° C	<i>mm²/S</i>	3,5	5	ASTM D 445
Cenizas Sulfatadas	<i>%(m/m)</i>	---	0,02	ASTM D 874
Contenido de Azufre	<i>mg/kg</i>	---	10	ASTM D 1552
W Carbón Residual ²	%	---	0,05	ASTM D 4530
Corrosión lámina de cobre	Clasificación	---	3	ASTM D 130
Número de cetano	---	49	---	ASTM D 613
Temperatura de destilación al 90% recuperado	°C	---	360	ASTM D 1160
<i>W_{Glicerina libre}</i>	%	---	0,02	ASTM D 6584
<i>W_{Glicerina total}</i>	%	---	0,25	ASTM D 6584
<i>W_{Contenido de ésteres}</i>	%	96,5	---	EN 14103
Índice de yodo	g yodo/100 g	---	120	EN 14111
<i>W_{Contenido de metanol}</i>	%	---	0,20	ASTM D 4815 EN 14110
Contenido de fósforo	<i>mg/kg</i>	---	10	ASTM D 4951
Contenido de metales alcalinos (Na+K)	<i>mg/kg</i>	---	5	EN 14108
Contenido de metales alcalinos (Ca+Mg)	<i>mg/kg</i>	---	5	PrEN 14538
Número de acidez	<i>mg KOH/g</i>	---	0,5	ASTM D 664
1.- El punto de turbidez del biodiésel generalmente es mayor que el diésel de origen fósil y debe ser tomado en consideración para los procesos de mezcla. 2.- Debe ser determinado en el 100% de la muestra.				

Fuente: (INEN, 2009, pág. 4)

1.4.8.2 NORMATIVA ASTM D6751

La norma internacional ASTM establece parámetros de producción de biodiésel los cuales deben cumplir para mantener los estándares de calidad. La norma internacional ASTM está fomentando el uso de una fuente de energía renovable alternativa con nuevas especificaciones para el biodiésel (ASTM, 2014, pág. 242).

En la tabla 1.6 se presentan los valores de las propiedades fisicoquímicas que el biodiésel debe cumplir según la norma internacional ASTM, estos requisitos son necesarios para

obtener biodiésel de calidad y ser considerado un combustible alternativo para motores de encendido por compresión.

Tabla 1.6 Requisitos biodiésel B100 norma ASTM

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Métodos de ensayo
Densidad a 15° C	kg/m^3	860	900	ASTM D 1298
Punto de inflamación	°C	93	---	ASTM D 93
Punto de turbidez	°C	Reportar		
Agua y sedimento	%	---	0,05	ASTM D 1796
Contenido de agua	mg/kg	---	500	ASTM D 95
Viscosidad cinemática a 40° C	mm^2/S	3,5	5	ASTM D 445
Cenizas sulfatadas	$\%(m/m)$	---	0,02	ASTM D 874
Contenido de azufre	mg/kg	---	15	ASTM D 1552
W carbón residual	%	---	0,05	ASTM D 4530
Corrosión lámina de cobre	Clasificación	---	3	ASTM D 130
Número de cetano	---	49	---	ASTM D 613
Temperatura de destilación al 90% recuperado	°C	---	360	ASTM D 1160
$W_{Glicerina\ libre}$	%	---	0,02	ASTM D 6584
$W_{Glicerina\ total}$	%	---	0,25	ASTM D 6584
$W_{Contenido\ de\ esteres}$	%	96,5	---	EN 14103
Índice de yodo	g yodo/100 g	---	120	EN 14111
$W_{Contenido\ de\ metanol}$	%	---	0,20	ASTM D 4815 EN 14110
Contenido de fósforo	mg/kg	---	10	ASTM D 4951
Contenido de metales alcalinos (Na+K)	mg/kg	---	5	EN 14108
Contenido de metales alcalinos (Ca+Mg)	mg/kg	---	5	PrEN 14538
Número de acidez	$mg\ KOH/g$	---	0,5	ASTM D 664

Fuente: (ASTM, 2014, pág. 243)

1.4.9 COMBUSTIBLE FÓSIL DIÉSEL

Se obtiene de la destilación del petróleo entre los 200 y 380°C. Es un líquido denso, que tiene su origen en los gasóleos, y antiguamente era considerado parte de los desperdicios de las refinerías. El diésel es un combustible no renovable que se utiliza para la generación

de electricidad, transporte y calefacción. En transporte se emplea para los motores de vehículos de grandes cargas como camiones, trenes, maquinarias industriales, embarcaciones y vehículos del sector agrícola, forestal, minero, y construcción. También se utiliza en la calefacción de residencias, edificios comerciales y calderas industriales (Ministerio de Energía, 2015, pág. 1).

A pesar de que el uso del diésel está regulado bajo normativas que permiten disminuir la contaminación del aire, no se logra disminuir los gases contaminantes tales como: material particulado «PM», monóxido de carbono «CO», óxidos de nitrógeno «NO_x», hidrocarburos duros «HC» y compuestos orgánicos volátiles «COV».

1.4.10 EMISIONES CONTAMINANTES

Los gases producidos en el parque automotor son: CO, HC, NO_x, humos y partículas. Para poder analizar la formación de los gases contaminantes es necesario conocer el funcionamiento de los motores de encendido provocado MEP y los motores de encendido por compresión MEC, debido que los gases contaminantes producidos son distintos.

1.4.10.1 COMPOSICIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE

En la combustión del combustible se forma dióxido de carbono CO₂, debido a las condiciones de combustión no ideales y a la composición del combustible, se generan algunos componentes secundarios indeseados como hidrocarburos no quemados HC, monóxido de carbono CO, las altas temperaturas de combustión generan óxidos de nitrógeno NO_x (Dietsche, 2005, pág. 550).

Óxidos de nitrógeno NO_x

Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión en el motor, el monóxido de nitrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido, al combinarse con el oxígeno del aire, es transformado en

dióxido de nitrógeno (Aficionados a la mecánica, 2011, pág. 1). La tabla 1.7 presenta efectos provocados por los NOx en el ambiente y la salud.

Tabla 1.7 Efectos de los NOx en el ambiente y la salud

Ambiente	Salud
Son responsables de la formación de smog, un tipo de nube contaminante, y de la lluvia ácida.	El NOx es, en forma pura, un gas venenoso de color marrón rojizo y olor penetrante, en alta concentración puede producir irritación de las mucosas.

Fuente: (Dietsche, 2005, pág. 551)

Monóxido de carbono CO

El CO es un gas incoloro, inodoro, insípido, no irritante ni inflamable, que está presente, o se forma cuando las materias carbonáceas, a través de equipos defectuosos que utilizan combustibles gaseosos, solidos u oleosos, combustionan de forma incompleta o defectuosa (Rodríguez & Mayero Franco, 2000, pág. 593). La tabla 1.8 presenta efectos del CO en el ambiente y la salud.

Tabla 1.8 Efectos del CO en el ambiente y la salud

Ambiente	Salud
Se considera un gas de efecto invernadero, contribuye indirectamente al cambio climático. Su presencia afecta las concentraciones de otros gases de efecto invernadero como el metano, el ozono troposférico y el dióxido de carbono, creando partículas y otros contaminantes dañinos.	Entre otros efectos, provoca que la sangre no pueda transportar correctamente el oxígeno, lo que puede ocasionar problemas cardíacos. Es peligroso para las personas y los animales, puesto que se fija en la hemoglobina de la sangre, impidiendo el transporte de oxígeno en el organismo.

Fuente: (AutoScout24, 2018, pág. 1) (Airgo2, 2018, pág. 3) (Agro, 2012, pág. 2)

Dióxido de carbono CO₂

Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono como el gasoil, el carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado, es un gas incoloro, no combustible (Aficionados a la mecánica, 2011). La tabla 1.9 presenta efectos del CO₂ en el ambiente y la salud.

Tabla 1.9 Efectos del CO₂ en el ambiente y la salud

Ambiente	Salud
Es responsable directo del calentamiento global. Y sin duda, el dióxido de carbono produce y empeora el problema del efecto invernadero.	El principal efecto que produce el CO ₂ es la asfixia por desplazamiento del oxígeno, pero esto se produce por concentraciones muy altas capaces de desplazar el oxígeno y reducir su concentración por debajo del 20%.

Fuente: (AutoScout24, 2018, pág. 1) (Instituto para la salud geoambiental, 2017, pág. 1)

Hidrocarburos no quemados HC

Hidrocarburos que no reaccionaron a la combustión, son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. La tabla 1.10 presenta efectos de los HC en el ambiente y la salud.

Tabla 1.10 Efectos de los HC en el ambiente y la salud

Ambiente	Salud
Estas sustancias provocan la formación de smog en las ciudades.	Al entrar en contacto con el organismo humano, son capaces de dañar gravemente el hígado y de provocar la aparición de tumores y de determinados tipos de cáncer.

Partículas de hollín PM

Estas partículas son generadas por los motores Diésel de tamaño muy diminuto siendo muy difíciles de observar, se presentan en forma de hollín o cenizas. La tabla 1.11 presenta efectos de las PM en el ambiente y la salud.

Tabla 1.11 Efectos de las PM en el ambiente y la salud

Ambiente	Salud
La concentración de carbono negro en la atmósfera, resultante del hollín, es la segunda causa más importante del calentamiento climático	Los efectos que ocasionan sobre el organismo humano son problemas pulmonares.

Fuente: (Ecoclimatico, 2008, pág. 1)

1.4.11 MOTORES DIÉSEL

El motor Diésel, recibe su nombre por el doctor Rudolf Diesel, quien terminó de construir dicho motor en Alemania en el año de 1893 (Inmesol, 2013, pág. 1). En sus aspectos básicos es similar en diseño y construcción a un motor de gasolina, que también es de combustión interna. Sin embargo, en el motor Diésel hay diferencias en el método de hacer llegar el combustible a los cilindros del motor y en la forma en que ocurre la combustión (McGRAW-HILL, 1988, pág. 1).

El proceso de funcionamiento del motor diésel encendido por compresión, se produce mediante las fases de admisión, compresión, expansión y escape. Es decir, la combustión de la mezcla se genera cuando el combustible es inyectado a altas presiones entre 350 - 1400 bares (Reveco, 2014).

Los motores diésel causan cuatro veces más contaminación atmosférica al emitir niveles muy superiores de dióxido de nitrógeno NO₂ y partículas en suspensión, dos de los principales contaminantes del aire, su polución aún más nociva, también es más pesada y cae antes al suelo (ABC Reportajes, 2014, pág. 1).

1.4.11.1 SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

El sistema de alimentación impulsa el combustible desde el depósito a las válvulas de inyección, genera la presión necesaria para la inyección, y mantiene constante dicha presión (Bauer, 2008, pág. 12).

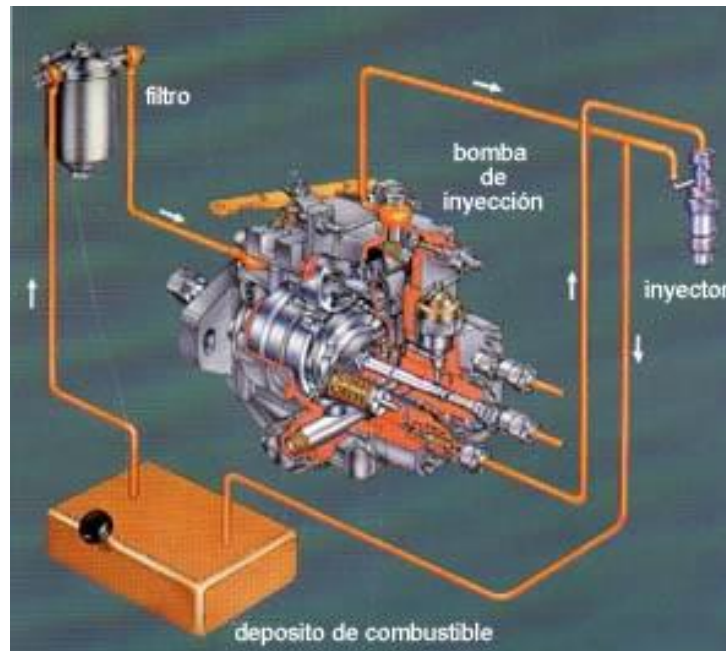


Figura 1.2 Sistema de inyección de combustible
(Aficionados a la mecánica, 2007, pág. 1)

Básicamente, el sistema o circuito de alimentación de combustible consiste en la implementación de un inyector con bomba rotativa que ejerce presión y permite suministrar el combustible al vehículo. Este sistema incluye un circuito de baja presión y de alta presión, los cuales poseen características y un funcionamiento diferente que les permiten ajustarse a los diferentes tipos de vehículos.

1.4.11.2 BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA VE

Las bombas de inyección están formadas por un elemento de bombeo con un cilindro y un émbolo de bomba por cada cilindro del motor. El émbolo de bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionando por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo.

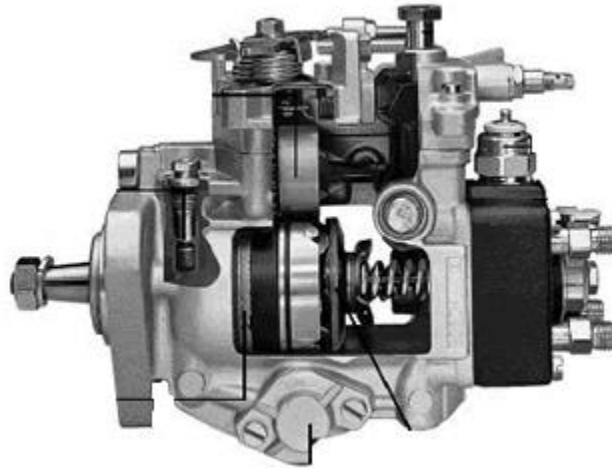


Figura 1.3 Tipos de bombas de alta presión
(Aficionados a la mecánica, 2007)

El accionamiento de las bombas es forzado y, además se realiza, de forma que el eje conductor de la bomba gira en perfecto sincronismo con el movimiento del pistón del motor. Para poder variar el caudal de suministro el émbolo dispone de aristas de mando inclinadas, de manera que al girar el émbolo mediante una varilla de regulación resulte la carrera útil deseada.

1.4.11.3 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

Para comprender el funcionamiento de un motor de combustión interna se definen una serie de parámetros geométricos y de diseño, los más utilizados para su evaluación son:

Torque

La capacidad que tiene un motor para girar recibe el nombre de torque o momento de una fuerza, esta magnitud física es el producto resultante de multiplicar una fuerza aplicada por la longitud de una palanca, la biela transforma el movimiento del pistón en un movimiento de rotación del cigüeñal, las unidades del torque están especificadas en Newton por metro (BOSCH, 2005, pág. 11).

1.4.11.4 CURVAS DE COMPORTAMIENTO RESPECTO AL TORQUE

La curva característica de torque de un motor es un gráfico que representa los valores de torque en Nm que el motor proporciona con respecto a su régimen de giro, la figura 1.4 presenta la curva característica para torque de un motor.

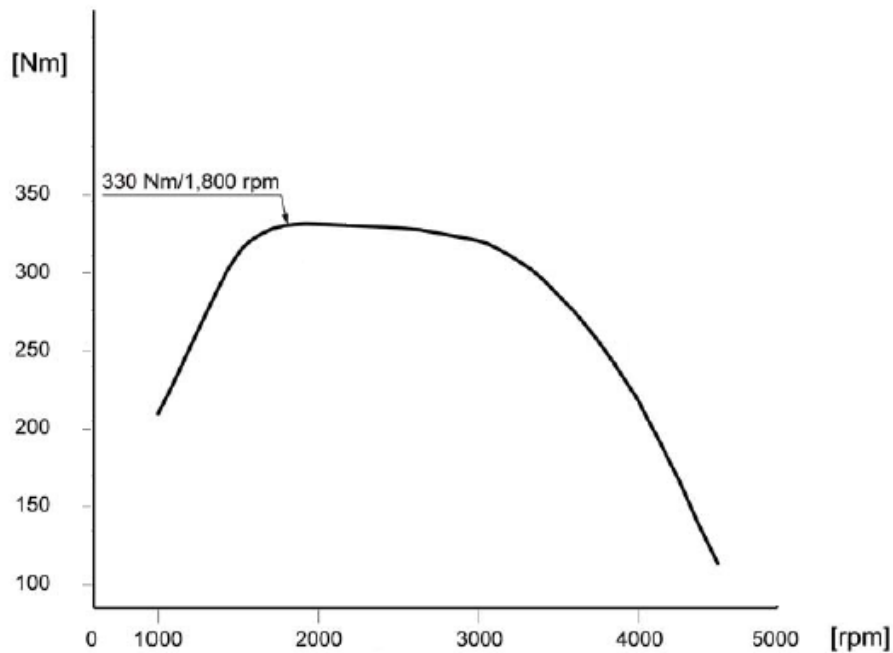


Figura 1.4 Curva característica de torque

Este punto representa el máximo rendimiento volumétrico, es decir, el llenado óptimo de los cilindros y, por tanto, la presión media máxima. Al aumentar el régimen, el llenado de los cilindros empeora y el par desciende (Pilataxi Yungan & Palomo Palomo, pág. 15).

Potencia

La potencia es el trabajo que se realiza en un determinado tiempo o la rapidez con la que se ejecuta un trabajo, la unidad de medida se expresa en caballos de potencia HP, es decir, la potencia es la velocidad que requiere el motor al inicio del funcionamiento para que este pueda salir (Ecured, 2011, pág. 1).

1.4.11.5 CURVAS DE COMPORTAMIENTO RESPECTO A LA POTENCIA

La potencia es directamente proporcional al par y al número de revoluciones. El par aumenta con las revoluciones hasta un punto; por tanto, a medida que aumentan las revoluciones y el par, la potencia sube rápidamente.

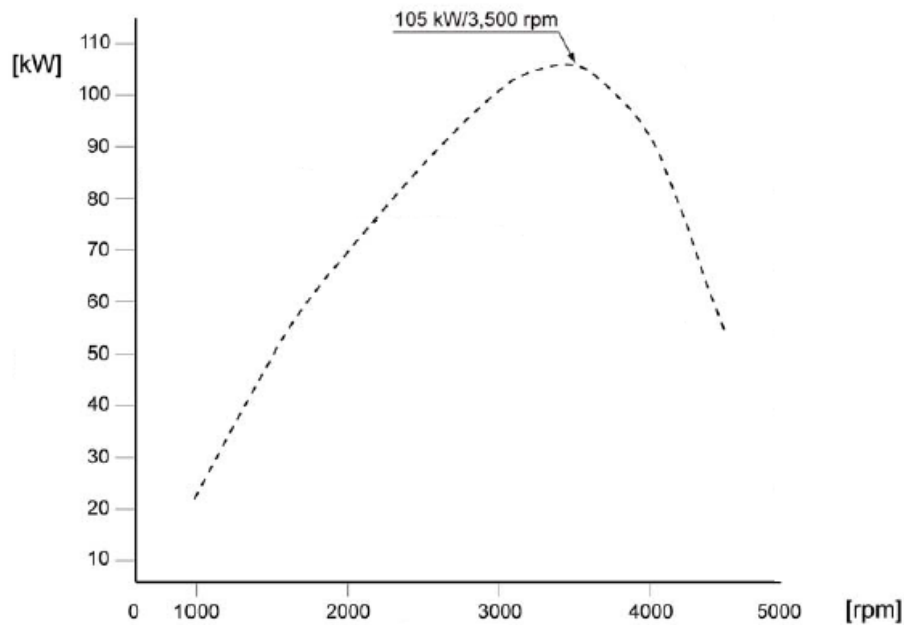


Figura 1.5 Curva característica de potencia

La potencia sube a su punto máximo aunque más lentamente, hasta que la proporción del aumento de revoluciones es menor que la disminución del par, este es el punto de máxima potencia (CourseHero, 2017, pág. 2).

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 MATERIA PRIMA

En la tabla 2.1 se muestra la cantidad de proporciones que se necesita en la elaboración de la mezcla de biodiésel B5 acorde a los requerimientos especificados por el laboratorio del DPEC «departamento de petróleo, energía y contaminación», con el fin de determinar el análisis fisicoquímico del Biodiésel de higuera.

Tabla 2.1 Proporciones mezcla biodiésel B5

Combustibles	Mezcla	Cant.
Biodiésel de higuera	B100«puro»	100 ml
Diésel Premium	----	1900 ml
Mezcla B5	2000 ml BIODIÉSEL DE HIGUERA	

2.1.2 VEHÍCULO DE PRUEBA


El vehículo es una camioneta Mazda modelo BT-50 del año 2009, destinada para el traslado de mercancías en la parte posterior gracias a su diseño de cajón, su sistema de alimentación funciona con diésel permitiendo realizar las pruebas requeridas.



Figura 2.1 Vehículo de prueba modelo BT-50

En la tabla 2.2 se detalla las características técnicas de la camioneta Mazda BT-50, la misma que servirá como medio para evaluar el comportamiento del motor mediante pruebas estáticas y analizar las emisiones de gases de escape.

Tabla 2.2 Características técnicas camioneta Mazda BT-50

	
Modelo	BT-50 4x2 sencilla
Año	2009
Clase	Camioneta
Cilindrada	2 500 cc
Nº de cilindros y disposición	4 en línea
Potencia máxima (CV/rpm)	141 hp / 3500 rpm
Par máximo (torque)	330 Nm / 1800 rpm
Relación de compresión	18:1
Alimentación	Inyección, bomba distribuidora con 4 inyectores, 8 válvulas OHC
Tipo de combustible	Diésel
Normativa de emisiones	N/D
Transmisión	Manual de 5 velocidades
Tracción	Trasera
Capacidad depósito	70 l
Material del bloque	Hierro
Material de la culata	Aluminio

Fuente: (Redgiga, 2009)

2.1.3 BYPASS SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE EXTERNO

Las pruebas se realizaron en un vehículo que cuenta con un sistema de alimentación propio, es importante adaptar un suministro de combustible «bypass» externo, con la finalidad de facilitar el cambio de combustible diésel a biocombustible con mezcla B5 de higuerrilla sin contaminar su depósito original, dicho tanque de suministro externo está compuesto por:

- Tanque de almacenamiento
- Tubería «manguera» de alimentación
- Tubería «manguera» de retorno



Figura 2.2 Adaptación de un tanque de suministro externo

2.2 EQUIPOS

Para la recolección de datos de emisiones de gases de escape, torque y potencia, se utilizarán los equipos de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, de la Carrera de INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, los mismos que se describen a continuación:

- Analizador de gases Brain Bee AGS-688
- Tacómetro y medidor de temperatura MGT-300
- Dinamómetro inercial

2.2.1 ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE AGS-688

Analizador de gases AGS-688 de procedencia italiana, es un equipo de alta gama en el mercado automotriz equipado con impresora térmica y pantalla LCD, que permite al operario observar los valores obtenidos en las pruebas de emisiones de gases «CO, CO₂ y NOx» a diferentes RPM «revoluciones por minuto» del motor (Globaltech, 2019, pág. 1).



Figura 2.3 Analizador de gases Brain Bee AGS-688

- Rangos de medición del AGS-688

Es la herramienta ideal en el diagnóstico de emisiones de gases, posee componentes de calidad cumpliendo con las normas técnicas europeas e internacionales. La tabla 2.3 presenta los rangos de medición del analizador de gases AGS-688.

Tabla 2.3 Rangos de medición AGS-688

Parámetro	Escala	Unidad
CO	0 - 9.99	% vol.
CO ₂	0 - 19.9	% vol.
HC	0 - 9.999	ppm
O ₂	0 - 25	% vol.
λ	0.5 - 5.0	---
Revoluciones	300 - 9990	min ⁻¹
Temperatura. aceite	20 - 150	°C

Fuente: (Manual AGS 688, 2015, pág. 21)

2.2.2 TACÓMETRO Y MEDIDOR DE TEMPERATURA MGT-300

Este equipo está diseñado para medir las revoluciones del motor «rpm» mediante el sensor de golpeteo ubicado en la tapa válvula o con los terminales de lagarto que se conectan en la batería y cuenta con una sonda que mide la temperatura de aceite colocando en lugar de la varilla de medición de aceite (CISE, 2019, pág. 1).




Figura 2.4 Tacómetro y medidor de temperatura MGT-300

2.2.3 DINAMÓMETRO INERCIAL

El dinamómetro inercial tiene un método de micro controlador que está vinculado a un computador, que confiere a cualquier automóvil trabajar a determinadas velocidades, registrando los resultados en forma gráfica, obteniendo el torque y la potencia del motor, su etapa de funcionamiento se establece en la valoración de energía necesaria que se requiere para acelerar una determinada masa en un lapso de tiempo.

Tabla 2.4 Especificaciones técnicas dinamómetro

	
Potencia máxima	400 hp
Torque	1 500 Nm
Voltaje de suministro	220 – 400 V Ac (1-3/N/PE)
Frecuencia	50 – 60 Hz
Corriente nominal	16 amp
Masa	1200 kg
Dimensiones	3070x870x310 h mm
Presión del circuito de aire comprimido	6 bar
Diámetro del rodillo	240 mm
Ancho del rodillo	660 mm
Velocidad máxima	180 km/h

Fuente: (Vamag, 2017, pág. 4)

2.3 METODOLOGÍA

Se detalla la metodología y el procedimiento empleado en el análisis de cada uno de los objetivos a cumplirse en el proyecto “siendo así, cualquier actividad que oriente hacia un fin propuesto, con un orden lógico” (Vargas, 1997, pág. 9).

2.3.1 MÉTODO CUANTITATIVO

Este método radica en recoger y analizar datos cuantitativos, es decir se caracteriza por una concepción global asentada en el positivismo lógico con una particularidad, está orientado a los resultados objetivos (Jaramillo & Ramírez, 2006, pág. 30).

Objetivo 1: Analizar las propiedades fisicoquímicas del biodiésel de higuera en proporción B5 con normas técnicas ASTM e INEN

De acuerdo al objetivo planteado el método cuantitativo es el más idóneo, que permite analizar los resultados obtenidos de la muestra de biodiésel para el fin pertinente, es decir para cumplir el propósito de dicho objetivo se evaluarán las propiedades más relevantes en el biodiésel, y se compararon con los valores que determinan las normas ASTM e INEN.

- Densidad

La densidad proporciona el contenido en energía del combustible. Mayores densidades indican mayor energía térmica y una mejor economía de combustible, una densidad elevada del biodiésel puede causar problemas en los actuales sistemas de inyección de los motores (Sánchez Medina & Huertas Greco, 2012, pág. 58).

- Punto de inflamación

El punto de inflamación hace referencia a la temperatura a la que comienza la combustión del combustible al acercarle un punto de calor, una llama por ejemplo, o una chispa de electricidad, el combustible diésel tiene un punto de inflamación en torno a 60°C (García, 2017, págs. 14-15).

- Sedimento básico y agua

El agua es una de las principales impurezas que puede presentar el combustible y debe de evitarse porque puede provocar corrosión en el sistema de inyección y además dificulta el proceso de combustión del motor, el combustible diésel es más propenso a captar las partículas de agua que la gasolina (García, 2017, pág. 15).

- Agua por destilación

Este método de prueba cubre la determinación de agua en el rango de 0% a 25% en volumen en productos derivados del petróleo, alquitranes y otros materiales bituminosos por el método de destilación (ASTM, 2018).

- Cenizas sulfatadas

El contenido de cenizas es el porcentaje en peso de residuos no combustibles después de la combustión completa de la muestra. La ceniza sulfatada es el nombre que se le da a los residuos de ceniza tratados con ácido sulfúrico (destrucción de aditivos organometálicos), que luego se calienta a 775 °C hasta evaporarse totalmente (Tribologik, 2015). Estas ocasionan daños a los catalizadores y filtros de partículas.

- Viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática es el cociente entre la viscosidad absoluta y la densidad, también se puede representar como, el tiempo necesario para que un volumen dado de una sustancia recorra una longitud dada (ASTM, 2007, pág. 4). Esta característica tiene una influencia directa sobre el proceso de inyección y atomización del combustible ocasiona efectos sobre la combustión y la liberación de calor (Ortiz Valenzuela, 2010, pág. 34).

- Azufre

El azufre presente en los combustibles actuales se ha reducido de una forma muy considerable, porque sus derivados producidos en la combustión son altamente tóxicos para el ser humano y para el medio ambiente (García, 2017, pág. 16).

- Residuo carbonoso

El valor de residuos de carbono del combustible en el quemador sirve como una aproximación burda de la tendencia del combustible a formar depósitos en quemadores de vaporización de tipo vasija y de tipo camisa, los residuos de carbono del combustible diésel se correlacionan aproximadamente con los depósitos en la cámara de combustión (ASTM, 2018).

- Corrosión a la lámina de cobre

La prueba de corrosión con la lámina de cobre está diseñada para determinar el grado relativo de corrosividad de un producto petrolífero por los compuestos activos de azufre (Tribologik, 2013, pág. 2).

- Índice de cetano

La optimización del índice de cetano de un combustible facilita la inflamación del mismo en la cámara de combustión, facilita la propagación del frente de llama a lo largo de la cámara de combustión, disminuye las vibraciones y permite la obtención de valores elevados de par y potencia en el motor (García, 2017, pág. 14).

- Temperatura de destilación al 90% recuperado

Para la destilación, esta propiedad y su método de determinación es un ensayo que mide el porcentaje de combustible que se evapora a medida que aumenta la temperatura, altos puntos finales de destilación suelen indicar tiempo de combustión elevados, tienden a dar menos potencia y mayor consumo (Ampuero Arias, 2015, pág. 1).

2.3.2 MÉTODO COMPARATIVO

El método comparativo «de la comparación o contrastación» consiste en poner dos o más fenómenos, uno al lado del otro, para establecer sus similitudes y diferencias y de ello sacar conclusiones que definan un problema o que establezcan caminos futuros para mejorar el conocimiento de algo (Yegros, 2019, pág. 4).

Objetivo 2: Comparar las emisiones de gases de escape con diésel Premium y biodiésel de higuera en mezcla B5

El método comparativo se enfoca con el objetivo en relacionar los resultados obtenidos mediante pruebas de emisiones de gases de escape con combustible fósil y biocombustible. Definiendo que tipo de combustible es el más adecuado a ser utilizado, reduciendo las emisiones producidas por la combustión «NO_x, CO, HC, Material particulado» en diferentes revoluciones «800, 1 000, 1 500 y 2 500» rpm.

2.3.3 EVALUACIÓN Y PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO

Antes de realizar las pruebas pertinentes para la obtención de datos es recomendable verificar minuciosamente el estado del automotor y tener en cuenta los parámetros de seguridad al utilizar los equipos, tales como:

- Revisar el nivel de refrigerante con el motor apagado.
- Observar cuidadosamente que no existan fugas de líquido y aceite.
- Retirar la bayoneta de nivel de aceite y verificar que se encuentre en el nivel adecuado «caso contrario completar».



Figura 2.5 Evaluación y preparación del vehículo

2.3.4 PREPARACIÓN DE EQUIPOS

Para realizar las pruebas de emisiones de gases se utilizó el analizador de gases Brain Bee en el cual se procedió a conectar los filtros y otros componentes del equipo para ser utilizado, a continuación, se describe el proceso de preparación:



Figura 2.6 Preparación de equipo

- Conectar los elementos externos del analizador de gases
- Limpiar la sonda
- Encender el equipo de medición de gases Brain Bee AGS-688 y esperar un lapso de 5 minutos para que este se calibre automáticamente en cero.
- Registrar los datos «tipo de combustible, número de cilindros, placa y nombre del técnico» del vehículo.
- Introducir la sonda y adherirla al tubo de escape.

2.3.5 MEDICIÓN DE GASES DE ESCAPE

Al finalizar la preparación del equipo se procedió a realizar las pruebas requeridas para el análisis de gases de escape, a diferentes rangos de velocidad con diferentes combustibles tales como diésel Premium y biodiésel B5. A continuación se describe el procedimiento realizado:

- Encender el vehículo y mantenerlo en ralentí «800 rpm».

- Presionar el acelerador a diferente régimen «800, 1 000, 1 500 y 2 500 rpm» reanudar el procedimiento de acuerdo al número de repeticiones que se desee realizar.
- Observar el indicador de temperatura que se encuentre en un rango normal entre «75°C a 90°C».
- Apagar el motor.
- Desconectar las mangueras de combustible de entrada y salida.
- Sustituir las líneas de alimentación de combustible diésel por las líneas de suministro externo «bypass» con biodiésel B5 de higuera.
- La manguera de alimentación conectar en la tubería del bombín en la que se observa una flecha hacia dentro.
- Cambiar el filtro de combustible.
- Presionar el bombín hasta que este expulse biodiésel B5.
- La manguera de salida del biodiésel B5 conectar a la bomba de inyección de dicho vehículo.
- Encender el vehículo por media hora en ralentí, hasta llegar a 2 500 rpm «mediante este proceso se elimina los residuos de diésel en el sistema de alimentación».
- Presionar el acelerador a diferente régimen «800, 1 000, 1 500 y 2 500 rpm» reanudar el procedimiento de acuerdo al número de repeticiones que se desee realizar.
- Apagar el motor.
- Retirar los residuos de hollín de la sonda.

Para la obtención de datos, se procedió a realizar 4 pruebas con el analizador de gases registrando los valores que generen las emisiones tanto con diésel Premium y biodiésel B5.

- **MONÓXIDO DE CARBONO CO «% vol.»**

Se calcularán el promedio de las mediciones de CO de las 4 lecturas efectuadas con el analizador de gases en el vehículo de prueba a «800, 1 000, 1 500 y 2 500 rpm» utilizando primero diésel Premium y luego biodiésel en proporción B5, con estos valores se

determinará la diferencia de emisiones, determinando el porcentaje de incremento o disminución de CO.

- **DIÓXIDO DE CARBONO CO₂ «% vol.»**

Se calcularán el promedio de las mediciones de CO₂ de las 4 lecturas efectuadas con el analizador de gases en el vehículo de prueba a «800, 1 000, 1 500 y 2 500 rpm» utilizando primero diésel Premium y luego biodiésel en proporción B5, con estos valores se determinará la diferencia de emisiones, determinando el porcentaje de incremento o disminución de CO₂.

- **ÓXIDO DE NITRÓGENO NO_x «ppm vol.»**

Se calcularán el promedio de las mediciones de NO_x de las 4 lecturas efectuadas con el analizador de gases en el vehículo de prueba a «800, 1 000, 1 500 y 2 500 rpm» utilizando primero diésel Premium y luego biodiésel en proporción B5, con estos valores se determinará la diferencia de emisiones denominada Delta, estableciendo el porcentaje de incremento o disminución de las emisiones de NO_x.

2.3.6 MÉTODO INDUCTIVO

El método inductivo se basa en, la observación y la experimentación de hechos y acciones concretas, para llegar a una resolución o conclusión general sobre estos; es decir, en este proceso se comienza por los datos y se finaliza en una teoría, por lo tanto, se puede decir que asciende de lo particular a lo general (ConceptoDefinicion, 2019, pág. 1).

Objetivo 3: Evaluar el desempeño del motor en una camioneta BT-50 empleando diésel Premium y biodiésel de higuera B5

La metodología empleada en este objetivo define el proceso que se debe realizar para evaluar las variables enfocadas en el desempeño del motor «torque y potencia» variando paulatinamente los rangos de velocidad en el cambio de marchas del vehículo, cabe mencionar que estas pruebas se deben realizar con diésel Premium y biodiésel B5.

2.4 TORQUE Y POTENCIA

2.4.1 PREPARACIÓN DE EQUIPOS

Antes de realizar las pruebas requeridas se tendrá en cuenta la preparación del dinamómetro y sus componentes que permiten la obtención de datos que se utilizó en el análisis requerido por el usuario, tales como:

- Ingresar el vehículo con las ruedas posteriores en los rodillos.
- Colocar las correas de sujeción en forma de X, sujetar en el chasis del vehículo hacia las argollas empotradas y tensionar «acorde a las especificaciones de técnico».
- Conectar a una red eléctrica el cable de alimentación de la unidad de almacenamiento de información «CPU».
- Esperar un lapso de 10 segundos mientras el CPU se prende.
- Seleccionar la tecla Esc del teclado para ingresar al software.
- Ingresar en el software la información requerida.
 - Nombre del operario
 - Nombre del cliente
 - Modelo del vehículo
 - Cilindraje tipo de combustible
 - Tipo de motor
 - Tracción
- Presionar Enter para guardar la información.
- Seleccionar la potencia del vehículo tomando en cuenta los datos de la ficha técnica.



Figura 2.7 Preparación de equipo y vehículo

2.4.2 PRUEBAS DE EVALUACIÓN TORQUE Y POTENCIA

A continuación, se realizó las pruebas de torque y potencia determinando el comportamiento del motor con combustible diésel y biodiésel B5 de higuera donde proporciona datos en función de la velocidad, por último, se describe el procedimiento realizado:

- Encender el vehículo.
- Observar el indicador de temperatura que se encuentre en un rango normal entre «75°C a 90°C».
- Establecer la velocidad de salida «50 km/h», es decir la velocidad a la cual se observa el inicio de las curvas de torque y potencia.
- Aumentar paulatinamente la aceleración y realizar el cambio de marcha correspondiente hasta llegar a su velocidad máxima.
- Reducir la velocidad hasta que retorne al régimen de ralentí «800 rpm».
- Mantener en reposo el vehículo y volver a realizar las pruebas acordes al número de repeticiones.
- Realizar el mismo procedimiento en vista que se debe sustituir las líneas de alimentación original por el tanque de suministro externo «bypass» que contiene biodiésel B5 de higuera.



Figura 2.8 Proceso de evaluación de pruebas y sustitución de suministro de alimentación

- **Torque**

El par será el resultado de multiplicar la fuerza media que sufre la superficie del pistón debida a la presión de los gases en combustión dentro del cilindro y a las fuerzas alternativas de inercia, por el radio de la manivela o distancia desde el centro de la muñequilla al centro del giro.

- **Potencia**

Sanz (2011) afirma que la curva de potencia “muestra los valores que va tomando la potencia en función del número de revoluciones. Se expresa en kW o en CV .” (p. 85). Para realizar las pruebas en el dinamómetro, se tomará en consideración el estándar SAE J1349, que proporciona un método científico y de ingeniería para obtener mediciones repetibles que reflejen con precisión el rendimiento real del motor en cuanto a potencia y torque.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se describen los análisis de resultados de la muestra de biodiésel a base de higuierilla B5 en función de las propiedades fisicoquímicas realizadas por el DPEC «Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación», donde además se presentan los resultados de las pruebas de análisis de gases y evaluación sobre el comportamiento del motor con biodiésel B5 y diésel.

3.1 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA BIODIÉSEL A BASE DE HIGUERILLA EN PROPORCIÓN B5

La caracterización del biodiésel a utilizar se realizó en el departamento de petróleo y energía y contaminación de la Universidad Central del Ecuador, las muestras corresponden a la mezcla de biodiésel en proporción B5 a base de higuierilla.

Para comprender de mejor manera, se realizó diagramas de barras los mismos que serán analizados y comparados con la normativa ECUATORIANA INEN e INTERNACIONAL ASTM.

En la tabla 3.1 se detallan los resultados de las propiedades fisicoquímicas que fueron realizadas con los respectivos métodos de ensayos, estos parámetros se compararan con las especificaciones que rigen los estándares de calidad para la elaboración de combustible biodiésel.

Tabla 3.1 Propiedades fisicoquímicas biodiésel B5

DETERMINACIÓN	Unidad	Método	Resultado Biodiésel B5
Densidad a 15°C	<i>kg/m³</i>	PNE/DPEC/P/ASTM D-287	1 467
Punto de inflamación	°C	PNE/DPEC/P/ASTM D-93	77,1

Tabla 3.1 Propiedades fisicoquímicas biodiésel B5 (Continuación...)

DETERMINACIÓN	Unidad	Método	Resultado Biodiésel B5
Sedimento básico y agua (%BSW)	%V	ASTM D-1796	<0,012
Agua por destilación	%V	ASTM D-95	<<0,05
Cenizas sulfatadas	%P	ASTM D-874	0,03
Viscosidad cinemática a 40°C	cst	PNE/DPEC/P/ASTM D-445	4,16
Azufre	mg/kg	PNE/DPEC/P/MI04 Ref. ASTM D-4294	25
Carbón Conradson (residuo carbonoso)	%P	PNE/DPEC/P/ASTM D-189	0,017
Corrosión a la lámina de cobre Cu	-	PNE/DPEC/P/ASTM D-130	1
Índice de cetano calculado	-	Ref. ASTM D-287	49
Temperatura de destilación al 90% recuperado	°C	ASTM D-86	343,7
Sodio	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5863/ APHA3111B	4,390
Potasio	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5056/ APHA3111B	2,579
Calcio	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5056/ APHA3111B	1,875
Magnesio	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5056/ APHA3111B	1,225

Fuente: (DPEC, 2019)

3.2 COMPARACIÓN RESULTADOS BIODIÉSEL B5 Y NORMA ASTM E INEN

A continuación, se comparan los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del biodiésel B5 con las especificaciones establecidas por la norma internacional ASTM y la norma nacional INEN, determinando que características se encuentran dentro de los estándares de calidad para biodiésel. La tabla 3.2 presenta los resultados de la muestra de biodiésel B5 a base de aceite de higuera y los valores que establecen las normas ASTM e INEN.

Tabla 3.2 Comparación resultados biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Densidad a 15°C	kg/m ³	1 467	860 - 900	890 - 900	No
Punto de inflamación	°C	77,1	Mín. 93	Mín. 120	No
Sedimento básico y agua (%BSW)	%V	<0,012	Máx. 0,05	Máx. 0,05	Si
Agua por destilación	%V	<<0,05	Máx. 0,05	Máx. 0,05	Si
Cenizas sulfatadas	%P	0,03	Máx. 0,02	Máx. 0,02	No
Viscosidad cinemática a 40°C	cst	4,16	3,5 - 5	3,5 - 5	Si
Azufre	mg/kg	25	Máx. 15	Máx. 10	No
Carbón Conradson (residuo carbonoso)	%P	0,017	Máx. 0,05	Máx. 0,05	Si
Corrosión a la lámina de cobre Cu	-	1	Máx. 3	Máx. 3	Si
Índice de cetano calculado	-	49	Mín. 49	Mín. 49	Si
Temperatura de destilación al 90% recuperado	°C	343,7	Máx. 360	Máx. 360	Si
Sodio	mg/kg	4,390	Máx. 5	Máx. 5	No
Potasio		2,579			
Calcio	mg/kg	1,875	Máx. 5	Máx. 5	Si
Magnesio		1,225			

Fuente: (ASTM, 2003) (INEN, 2009, pág. 4) (DPEC, 2019)

Al comparar los resultados de las propiedades fisicoquímicas del biodiésel B5 respecto a la norma internacional ASTM y nacional INEN se pueden apreciar valores que no se encuentran dentro de los estándares de calidad: densidad, punto de inflamación, cenizas sulfatadas, cantidad de azufre y sodio.

3.2.1 COMPARACIÓN DENSIDAD A 15°C

La densidad obtenida en los análisis realizados al biodiésel a base de higerilla en proporción B5 no presentaron un resultado favorable al valor que establecen las normas ASTM e INEN, los resultados de la densidad se muestran con unidades del sistema inglés

kg/m³. Dicho resultado se excede con 567 kg/m³ al valor máximo permitido por los estándares de calidad establecidos para esta propiedad. La tabla 3.3 presenta el valor registrado para la densidad de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.3 Comparación densidad biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Densidad a 15°C	kg/m ³	1 467	860 - 900	890 - 900	No

La figura 3.1 presenta el resultado de la densidad de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuerrilla, comparando los valores obtenidos de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que determinan los estándares de calidad que debe poseer el combustible biodiésel para la densidad.

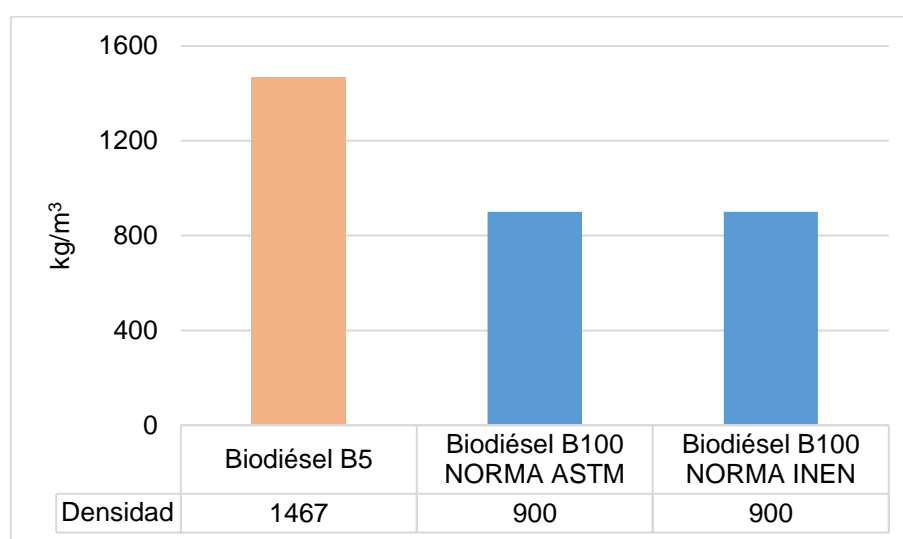


Figura 3.1 Comparación Densidad

La densidad da idea del contenido en energía del combustible. Mayores densidades indican mayor energía térmica y una economía de combustible mejor, pero de igual manera la mayor densidad del biodiésel puede causar problemas en los actuales sistemas de inyección de los motores (Sánchez Medina & Huertas Greco, 2012, pág. 58).

Con el incremento de la densidad, la penetración del chorro de combustible aumenta, esto hace que disminuya parte de la formación de la mezcla volumétrica y conlleve a que una

gran cantidad de combustible vaya a parar a las paredes de la cámara de combustión (ESPOL, 2009, pág. 10).

El aumento de la densidad del combustible aumenta el tiempo de inyección dinámica, por lo tanto, la densidad del combustible afecta la combustión y las emisiones del motor, las emisiones de PM generalmente se elevan con el aumento de la densidad del combustible (Bhargav, 2018, pág. 1).

La potencia calorífica depende de su densidad, es mayor al aumentar su densidad, en caso de densidades altas, tiene como consecuencia una mayor emisión de hollín, mientras que, en caso de que sean reducidas, disminuye la potencia (Dietsche, 2005, pág. 322).

A la densidad del combustible se la relaciona con el proceso de inyección, afecta el funcionamiento de los inyectores provocando resultados desfavorables al momento de ser inyectado el combustible, provocando disminución de potencia y un incremento en las emisiones.

3.2.2 COMPARACIÓN PUNTO DE INFLAMACIÓN

El resultado que se obtuvo del punto de inflamación de la muestra de biodiésel fue de 77,1 °C que no supera los parámetros mínimos establecidos por la norma internacional ASTM y nacional INEN que establecen en 93 °C y 120 °C respectivamente. La tabla 3.4 presenta el valor registrado para el Punto de inflamación de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.4 Comparación Punto de inflamación biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Punto de inflamación	°C	77,1	Mín. 93	Mín. 120	No

La figura 3.2 presenta el resultado del Punto de inflamación de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuera, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las

normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para el punto de inflamación.

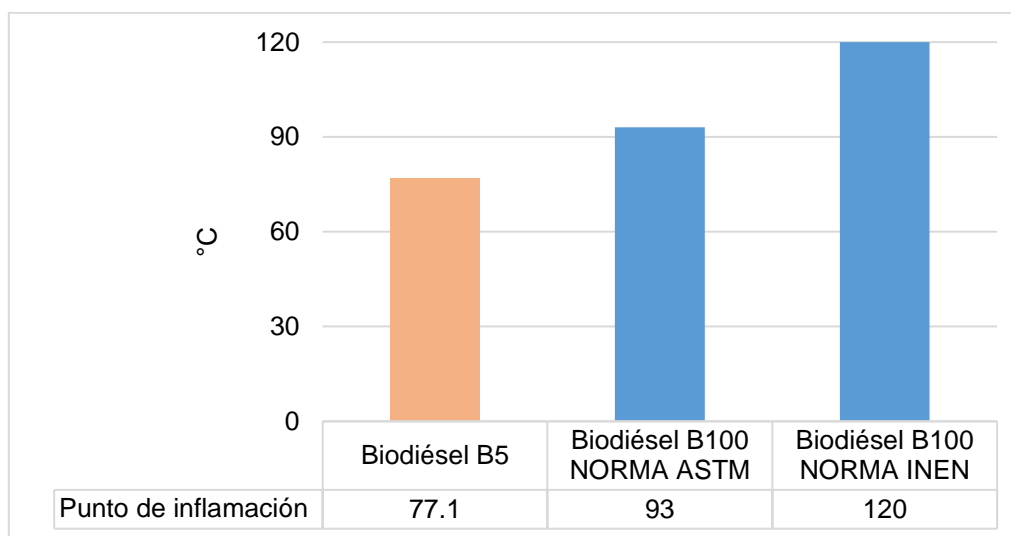


Figura 3.2 Comparación Punto de inflamación

El biodiésel a base de higuerrilla respecto a su punto de inflamación se encuentra por debajo del valor mínimo establecido por la norma ASTM en 17,10 %. Teniendo como resultado un encendido inestable al momento de mezclarse con el aire, por lo que ocasionará encendido a menor temperatura (Echeverría Echeverría, 2018, pág. 65). La volatilidad de un combustible diésel tiene poca influencia en la operación del motor, excepto que afecta la tendencia de humo en el escape (Consuegra, 2007, pág. 34).

La temperatura en que un combustible se inflama lo determina el punto de inflamación del mismo, si el combustible posee bajo este parámetro, ocasionará explosiones espontáneas en el momento de la inyección.

3.2.3 COMPARACIÓN SEDIMENTO BÁSICO Y AGUA

El valor máximo establecido por las normas ASTM e INEN para sedimento básico y agua es de 0,05 % V, los resultados que presentó el biodiésel B5 fueron de 0,012 % V muy por debajo de este valor, 76 % menos respecto a las normas comparadas cumpliendo los estándares de calidad. La tabla 3.5 presenta el valor registrado para sedimento básico y

agua de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.5 Comparación sedimento básico y agua biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Sedimento básico y agua (%BSW)	%V	<0,012	Máx. 0,05	Máx. 0,05	Si

El agua puede encontrarse libre o en emulsión, la presencia de agua puede causar problemas de corrosión (Lluch Urpi, 2012, pág. 19).

La figura 3.3 presenta el resultado de Sedimento básico y agua de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuierilla, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para sedimento básico y agua.

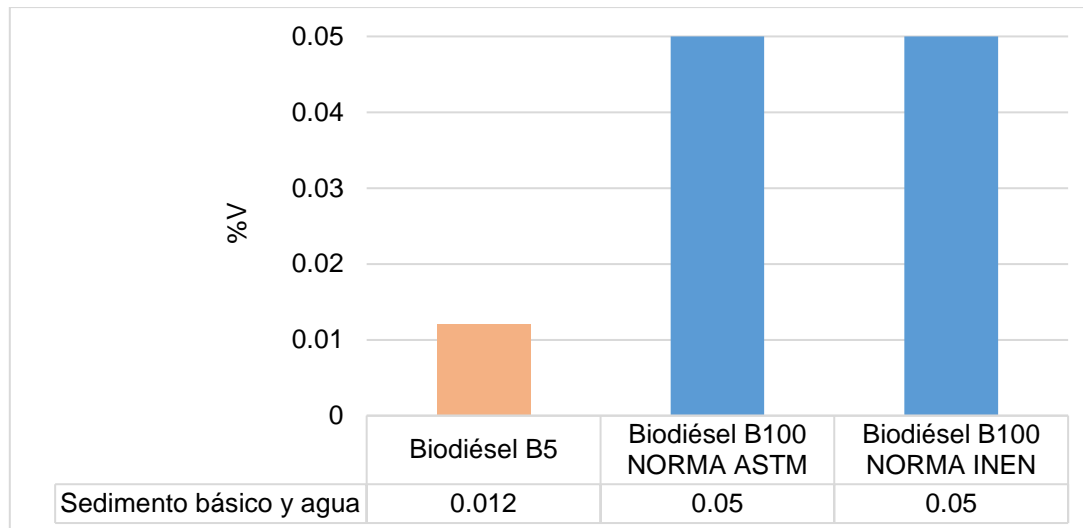


Figura 3.3 Comparación Sedimento básico y agua

El efecto del agua sobre el sistema de alimentación de alta presión puede dar lugar a la aparición de óxido que puede provocar el gripaje o agarrotamiento de los pistones de la bomba de alta presión y el taponamiento de los conductos de circulación del combustible e incluso de los inyectores (García del Río, 2017, pág. 54).

El sedimento y agua en un combustible debe mantenerse dentro de los valores máximos permitidos, el efecto de cantidades sobre estos límites puede ocasionar desgaste en el sistema de inyección, además que su influencia es perjudicial al momento de ser inyectado dentro de la cámara.

3.2.4 COMPARACIÓN AGUA POR DESTILACIÓN

La norma internacional ASTM y la norma nacional INEN para agua por destilación establecen un valor máximo de 0,05 %V, el resultado obtenido del biodiésel B5 se encuentra dentro de los estándares de calidad con 0,05 %V. La tabla 3.6 presenta el valor registrado para Agua por destilación de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.6 Comparación Agua por destilación biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Agua por destilación	%V	<<0,05	Máx. 0,05	Máx. 0,05	Si

La figura 3.4 presenta el resultado de Agua por destilación de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuera, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para agua por destilación.

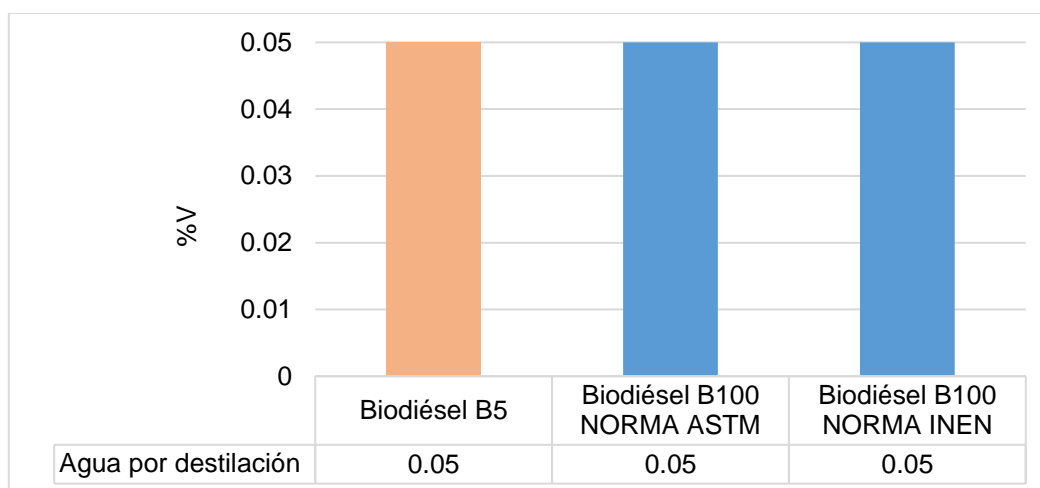


Figura 3.4 Comparación Agua por destilación

La presencia de agua en el combustible dificulta el comienzo y la propagación de la combustión, ya que el agua presente absorbe parte del calor, lo que provoca que la transmisión del calor en la cámara de combustión no sea homogénea, la presencia de agua en el combustible, según la cantidad, puede provocar incluso el apagado de la llama y por tanto el apagado del motor durante su funcionamiento (García del Río, 2017, pág. 53).

El agua ocasiona que el combustible no proporcione su poder calorífico adecuado, provocando una combustión menos uniforme dentro de la cámara, incluso puede llegar a suprimir la llama durante el trabajo del motor.

3.2.5 COMPARACIÓN CENIZAS SULFATADAS

El valor obtenido para cenizas sulfatas del biodiésel a base de higuera en proporción B5 es 0,03 %P resultado que no cumple con los estándares de calidad de la norma internacional ASTM y norma nacional INEN que establecen un valor máximo de 0,02 %P para el contenido de cenizas sulfatadas en biodiésel. La tabla 3.7 presenta el valor registrado para Cenizas sulfatadas de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.7 Comparación Cenizas sulfatadas biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Cenizas sulfatadas	%P	0,03	Máx. 0,02	Máx. 0,02	No

La figura 3.5 presenta el resultado de Cenizas sulfatadas de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuera, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para cenizas sulfatadas.

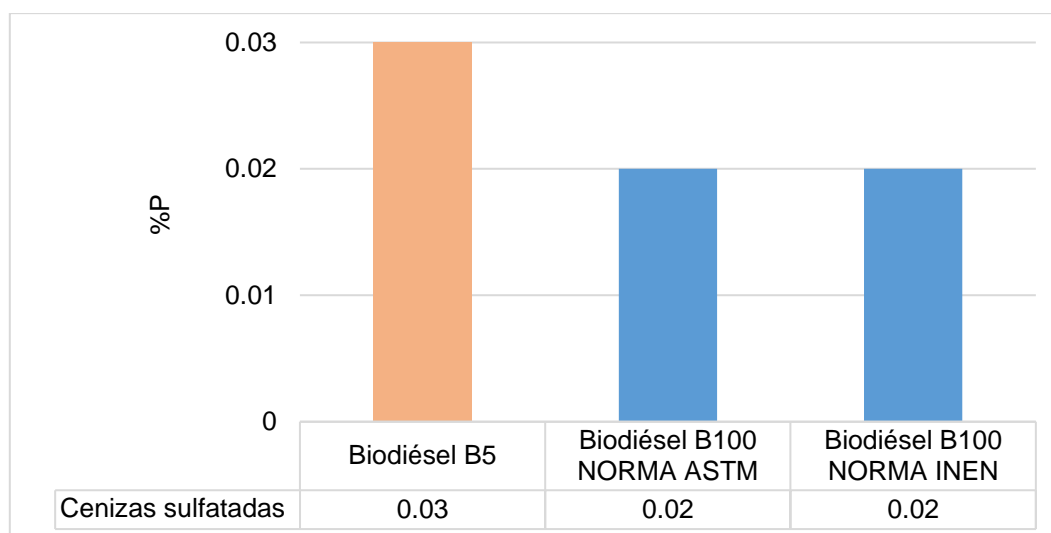


Figura 3.5 Comparación cenizas sulfatadas

La superación de los límites fijados por la norma podría producir taponamiento de filtros, desgastes, corrosión y formación de depósitos en partes internas del motor y equipo de inyección (Fernández González, y otros, 2015, pág. 409).

La cantidad de cenizas sulfatadas en un combustible produce obstrucción en las cañerías del sistema de inyección, también produce mayor cantidad de depósitos acumulados en el motor originando mayor corrosión del mismo.

3.2.6 COMPARACIÓN VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 40°C

El resultado obtenido de viscosidad cinemática del biodiésel B5 fue de 4,16 cst, la norma internacional ASTM y la norma nacional INEN establecen que este parámetro debe estar dentro del rango de 3,5 a 5 cst, el valor obtenido cumple con los estándares de calidad para viscosidad cinemática a 40 ° C del biodiésel. La tabla 3.8 presenta el valor registrado para la Viscosidad cinemática a 40°C de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.8 Comparación Viscosidad cinemática biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Viscosidad cinemática a 40°C	cst	4,16	3,5 - 5	3,5 - 5	Si

La figura 3.6 presenta los resultados de la Viscosidad cinemática a 40°C de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuerilla, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para viscosidad cinemática.

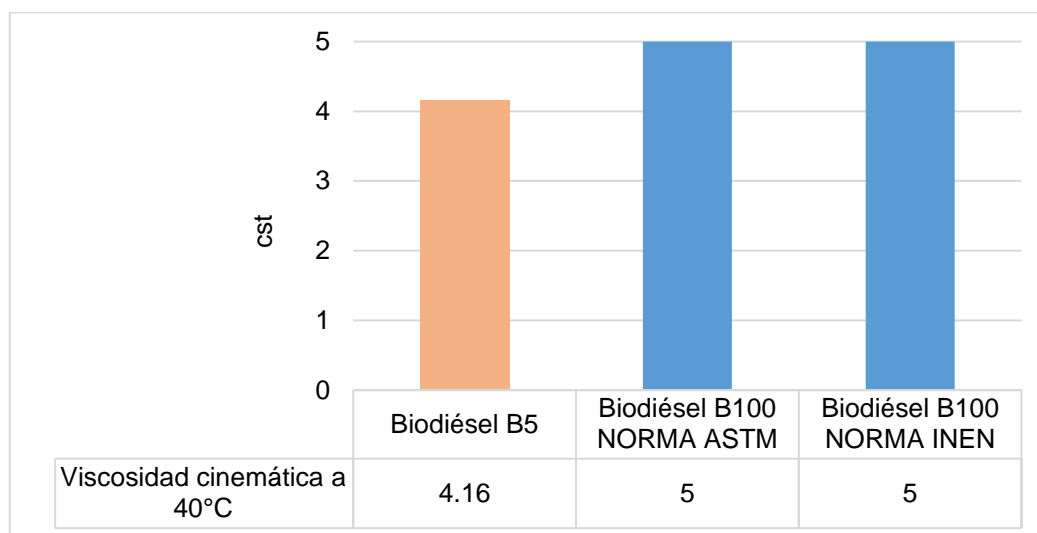


Figura 3.6 Comparación Viscosidad cinemática a 40°C

Una viscosidad demasiado alta perjudica el funcionamiento y la vida de la bomba de inyección y los inyectores, modifica la presión de inyección, facilitando la descomposición del combustible y la formación de laca y goma que empastan y pegan aros y obstruyen orificios (Jaya & Vaca, 2016, pág. 17).

La viscosidad cinemática que posee el combustible biodiésel se relaciona directamente con el funcionamiento del sistema de inyección. Cuando la viscosidad es alta afecta la fluidez del combustible, especialmente, a bajas temperaturas (Lombana Coy, Vega Jurado, Herrera Velásquez, & Britton Acevedo, 2015, pág. 52).

Sobre el motor, la mayor viscosidad del combustible aumenta la fricción, la presión y la temperatura en la bomba de inyección y reduce las fugas al tiempo que incrementa el volumen inyectado (Fernández González, y otros, 2015, pág. 408).

La viscosidad del combustible refleja su calidad para fluir, esta característica influye en el sistema de inyección, en ciertos casos provoca inyecciones de mayor volumen, si esta propiedad es elevada deteriora más rápido los componentes de la bomba de inyección.

3.2.7 COMPARACIÓN CANTIDAD DE AZUFRE

El contenido de azufre registrado de la muestra de biodiésel fue 25 mg/kg, este valor no se encuentra dentro de las especificaciones permitidas por las normas, tanto internacional como nacional, que establecen un valor máximo de contenido de azufre para el biodiésel en 15 mg/kg la norma ASTM y en 10 mg/kg la norma INEN, este parámetro no se encuentra dentro de los estándares de calidad. La tabla 3.9 presenta el valor del contenido de Azufre de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.9 Comparación Azufre biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Azufre	mg/kg	25	Máx. 15	Máx. 10	No

La figura 3.7 presenta el resultado del contenido de Azufre de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuera, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para el contenido de azufre.

El contenido de azufre depende del origen y antigüedad del crudo, los hay con un contenido muy bajo, con valores del orden del 0,1% en peso, hasta con valores superiores al 6% en peso (Lluch Urpi, 2012, pág. 7).

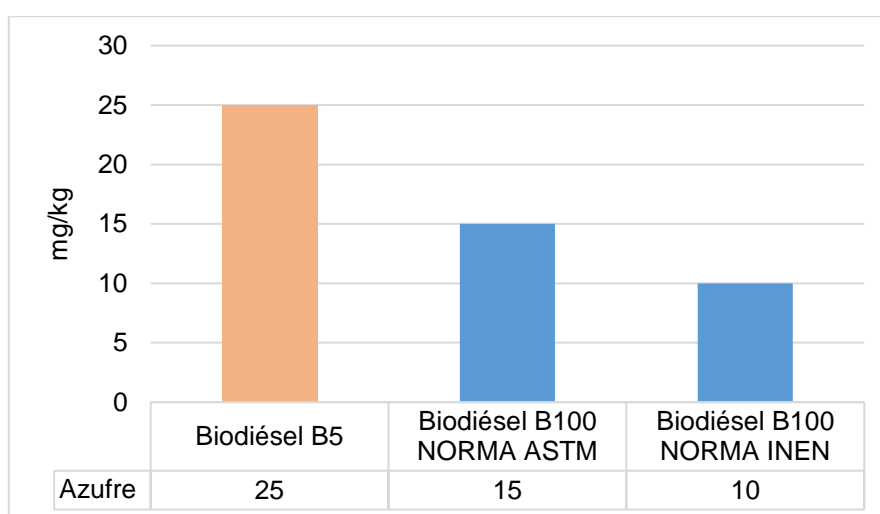


Figura 3.7 Comparación contenido de azufre

La presencia de azufre en el combustible, aumenta las emisiones de partículas y su potencial mutagénico, las emisiones de óxidos de azufre y el desgaste y corrosión del motor. Además, el azufre actúa como veneno en el convertidor catalítico de oxidación (dispositivo para eliminar emisiones contaminantes) reduciendo su eficiencia y vida (Fernández González, y otros, 2015, pág. 408).

Altos contenidos de azufre contribuyen al desgaste del motor y a la aparición de depósitos que varían considerablemente en importancia dependiendo en gran medida de las condiciones de funcionamiento del motor. También pueden afectar al funcionamiento del sistema de control de emisiones y a límites medio ambientales (Avellaneda Vargas, 2010, pág. 110).

El azufre también puede dañar al motor porque, tras la combustión, se forman óxidos de azufre que, en contacto con la condensación de agua en las paredes del cilindro, pueden formar ácido sulfúrico, muy corrosivo (Gonzales Calleja, 2015, pág. 434).

El contenido de azufre en el biodiésel ocasiona desgaste en el motor, el azufre presente en el combustible provoca más emisiones contaminantes al ambiente, también reduce la vida de los dispositivos de control de emisiones.

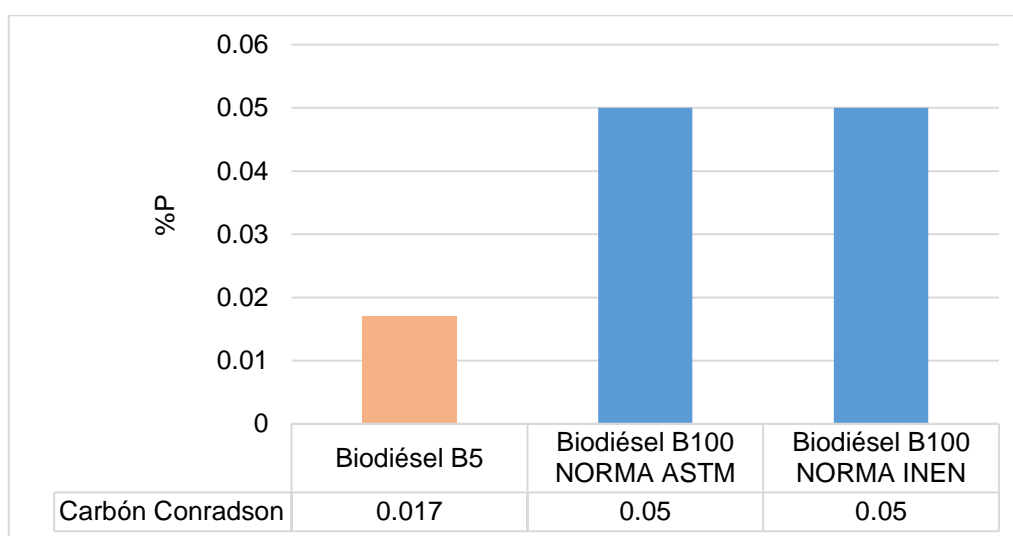
3.2.8 COMPARACIÓN CARBÓN CONRADSON (RESIDUO CARBONOSO)

Otra característica del biodiésel comparado es el residuo carbonoso, la muestra obtuvo 0,017 %P, en relación a las normas ASTM e INEN que establecen un valor máximo de residuo carbonoso en 0,05 %P por lo que se encuentra dentro de los estándares de calidad nacional e internacional. La tabla 3.10 presenta el valor registrado para el residuo carbonoso de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.10 Comparación residuo carbonoso biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Carbón Conradson (residuo carbonoso)	%P	0,017	Máx. 0,05	Máx. 0,05	Si

La figura 3.8 presenta el resultado del residuo carbonoso de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuierilla, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para la cantidad de carbón.

**Figura 3.8** Comparación residuo carbonoso

Este parámetro es muy importante por ser un indicador de restos de impurezas en el mismo, tales como glicéridos sin reaccionar, residuos de catalizador, jabones, ácidos grasos libres, polímeros y FAME poliinsaturados que tienden a formar depósitos en el motor (Avellaneda Vargas, 2010, pág. 111).

El residuo carbonoso mide la tendencia de un combustible a formar depósitos de coque en inyectores y quemadores (Lluch Urpi, 2012, pág. 39).

El residuo carbonoso en un combustible determina la pureza de este, al tener impurezas provoca formación de depósitos en el motor que ocasionan obstrucción en los inyectores y otros mecanismos.

3.2.9 COMPARACIÓN CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE CU

El resultado obtenido de la propiedad corrosión a la lámina de cobre del biodiésel B5 fue de 1 unidad de corrosión, valor que se encuentra dentro del rango de calidad establecido por la norma internacional ASTM y norma nacional INEN que han determinado un valor máximo de 3 unidades para esta característica del biodiésel. La tabla 3.11 presenta el valor registrado para la Corrosión a la lámina de cobre de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.11 Comparación Corrosión a la lámina de cobre biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Corrosión a la lámina de cobre Cu	-	1	Máx. 3	Máx. 3	Si

La figura 3.9 presenta el resultado de la Corrosión a la lámina de cobre de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuerrilla, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para corrosión a la lámina de cobre.

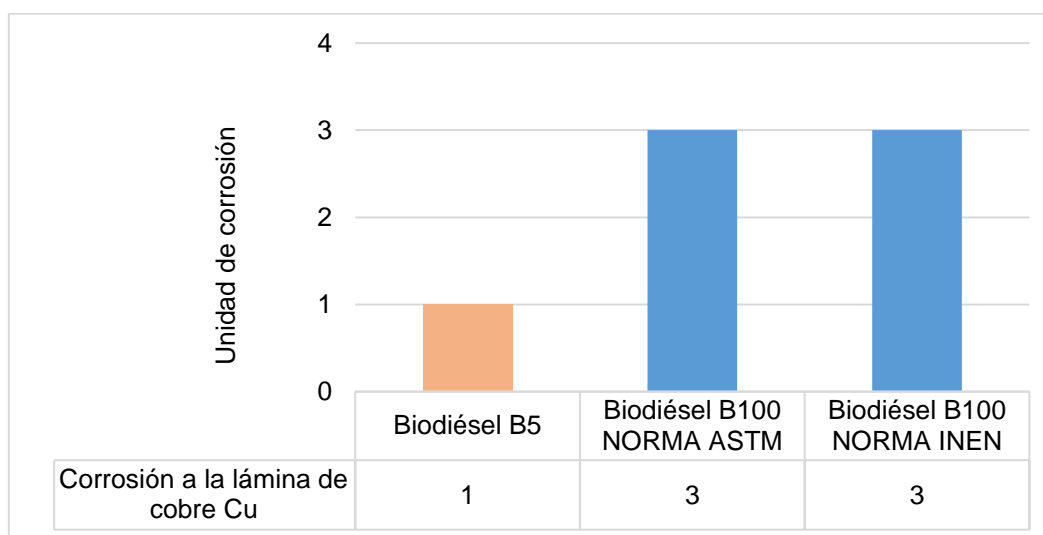


Figura 3.9 Comparación corrosión a la lámina de cobre

La prueba de corrosión permite conocer si el biodiésel puede deteriorar los recubrimientos de algunos componentes o tanques de almacenamiento (Arias Pérez, Teuta Ramírez, & Parra Plazas, 2011, pág. 75).

Al tener un valor de 1 el biodiésel es aceptable, ya que este producto no contiene compuestos corrosivos ni ácidos que puedan atacar el cobre o aleaciones de este que se encuentran en el motor (Vivas Castaño, 2010, pág. 77).

Esta propiedad corrosión a la lámina de cobre determina si el combustible no afectará a las partes del motor que han sido forjadas de cobre o aleaciones de este material produciendo en ellas desgaste por corrosión.

3.2.10 COMPARACIÓN ÍNDICE DE CETANO CALCULADO

Para el resultado del índice de cetano calculado del biodiésel B5 se obtuvo el valor de 49 que se encuentra dentro del estándar de calidad fijado por la norma internacional ASTM y nacional INEN que han establecido el valor mínimo de 49 para el índice de cetano del biodiésel. La tabla 3.12 presenta el valor registrado para el Índice de cetano calculado de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.12 Comparación Índice de cetano calculado biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Índice de cetano calculado	-	49	Mín. 49	Mín. 49	Si

Con un índice de cetano óptimo se disminuye el retraso del inicio de la combustión, aumenta la eficiencia de la misma, se reduce el ruido del motor, disminuye el consumo de combustible y se mejora el arranque en frío (Gonzales Calleja, 2015, pág. 434).

La figura 3.10 presenta el resultado de Índice de cetano calculado de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuera, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con

las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para el índice de cetano.

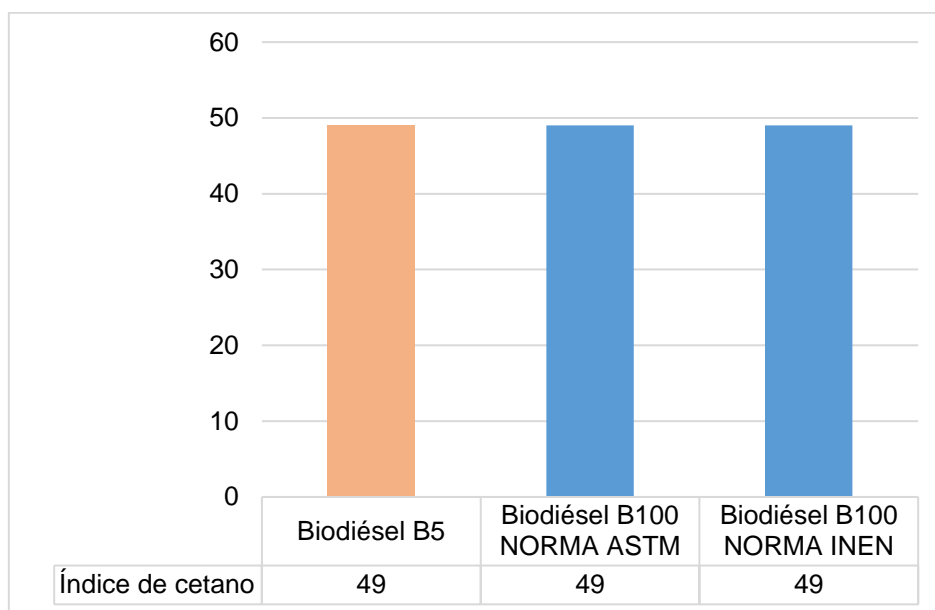


Figura 3.10 Comparación índice de cetano

El número de cetano, es una medida que indica la calidad de ignición del motor y del proceso de combustión. Lo recomendable es obtener biodiésel con altos números de cetano, ya que un mayor valor indica un menor porcentaje de depósitos en el motor, y menor desgaste del mismo (Lombana Coy, Vega Jurado, Herrera Velásquez, & Britton Acevedo, 2015, pág. 52).

El mayor número de cetano resulta beneficioso para el motor ya que reduce el retraso de encendido y aumenta la suavidad de la combustión al reducirse la combustión de premezcla, lo que reduce las presiones y temperaturas de combustión y, en consecuencia, emisiones acústicas y de NO_x (Fernández González, y otros, 2015, pág. 409).

El número de cetano es una característica del combustible que determina la calidad de este para el proceso de combustión, se recomienda tener valores mayores a los recomendados por las normas, esto evitará menor desgaste del motor y se reducen los depósitos.

3.2.11 COMPARACIÓN TEMPERATURA DE DESTILACIÓN AL 90% RECUPERADO

El resultado obtenido de temperatura de destilación al 90% del biodiésel B5 fue de 343,7 °C, valor que se encuentra dentro de los estándares de calidad de la norma internacional ASTM y norma nacional INEN que han determinado que el biodiésel debe tener un valor máximo de 360 °C para la temperatura de destilación al 90% recuperado. La tabla 3.13 presenta el valor registrado para la Temperatura de destilación al 90% recuperado de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.13 Comparación Temperatura de destilación al 90% recuperado biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Temperatura de destilación al 90% recuperado	°C	343,7	Máx. 360	Máx. 360	Si

La figura 3.11 presenta el resultado de Temperatura de destilación al 90% recuperado de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuera, comparando el valor de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para esta propiedad.

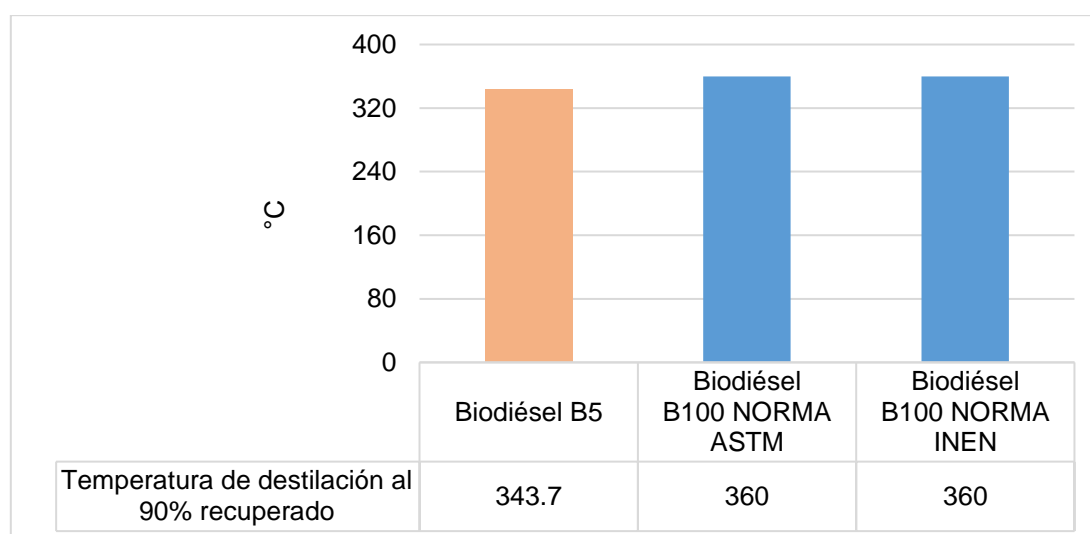


Figura 3.11 Comparación Temperatura de destilación al 90%

Estas características de destilación son de crítica importancia en el aspecto automotriz, pues tienen relación directa con el arranque, calentamiento o bloqueo de vapor a altas temperaturas afectando el grado de combustión sólida (Pantoja Cabrera, 2018, pág. 41).

La temperatura de destilación al 90% recuperado influye al momento de encender el motor, también afecta la combustión sólida a altas temperaturas.

3.2.12 COMPARACIÓN SODIO Y POTASIO «Na+K»

Para la muestra de biodiésel B5 se obtuvo como resultado de sodio 4,39 mg/kg y para potasio 2,579 mg/kg, al realizar la suma no cumplen la norma nacional INEN e internacional ASTM establecen un valor de 5 mg/kg como máximo para «Na+K». La tabla 3.14 presenta el valor registrado para Sodio y Potasio de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.14 Comparación sodio y potasio biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Sodio	<i>mg/kg</i>	4,390	Máx. 5	Máx. 5	No
Potasio		2,579			

La figura 3.12 presenta los resultados de Sodio y Potasio de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuera, comparando los valores de estas propiedades en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para «Na+K».

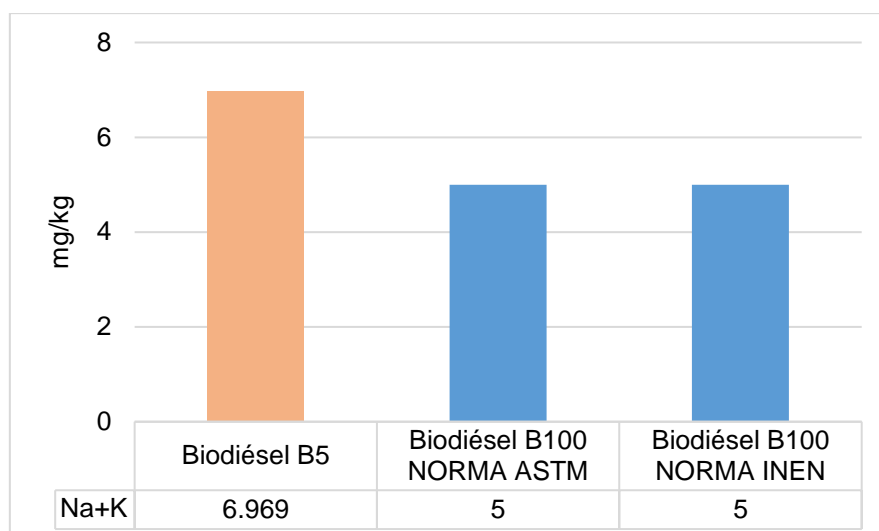


Figura 3.12 Comparación «Na+K»

El sodio es otro elemento metálico peligroso de la corrosión en caliente producida por los vanadatos de sodio, un factor importante a tener en cuenta es la corrosión en caliente producida por los vanadatos de sodio tiene su máxima capacidad de adherencia a las paredes metálicas calientes (Tormos Martínez, 2005, pág. 232).

El contenido de sodio y potasio de un combustible ocasionan en el motor la corrosión en especial por los vanadatos de sodio, esta corrosión en caliente provoca la adherencia en las paredes metálicas del motor.

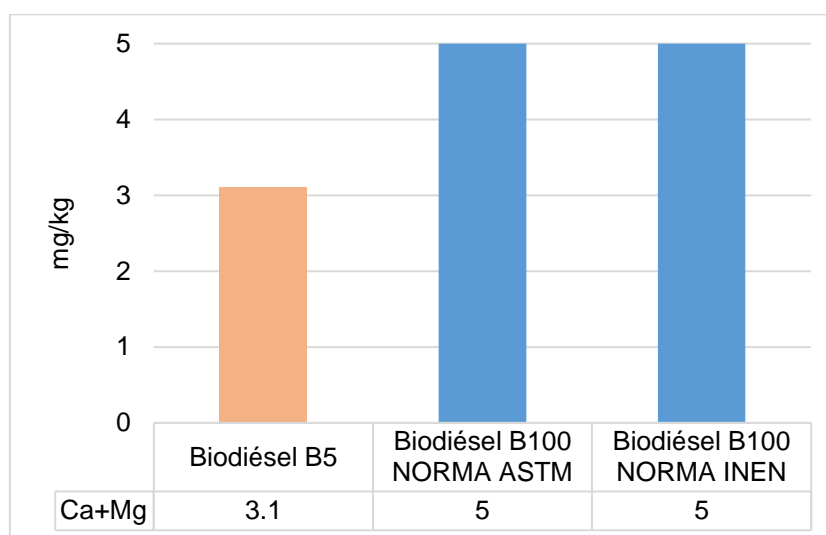
3.2.13 COMPARACIÓN CALCIO Y MAGNESIO «Ca+Mg»

Los resultados de calcio y magnesio del biodiésel B5 fueron 1,875 mg/kg y 1,225 mg/kg respectivamente, valores que se encuentran dentro de los estándares de calidad establecidos por la norma internacional ASTM y nacional INEN que han establecido un valor máximo de 5 mg/kg para «Ca+Mg». La tabla 3.15 presenta el valor registrado para el Calcio y Magnesio de la muestra de biodiésel B5 y los valores que establecen la norma internacional ASTM y nacional INEN.

Tabla 3.15 Comparación calcio y magnesio biodiésel B5 con norma ASTM e INEN

DETERMINACIÓN	Unidad	Resultado Biodiésel B5	Norma ASTM	Norma INEN	Estándar de calidad
Calcio	mg/kg	1,875	Máx. 5	Máx. 5	Si
Magnesio		1,225			

La figura 3.13 presenta los resultados de Calcio y Magnesio de la mezcla B5 de biodiésel a base de higuerilla, comparando los valores de esta propiedad en forma visual con las normas ASTM e INEN que especifican los estándares de calidad que debe tener el combustible biodiésel para «Ca+Mg».

**Figura 3.13** Comparación «Ca+Mg»

El calcio no es dañino desde el punto de vista de la corrosión; de hecho, sirve para inhibir la acción corrosiva del vanadio (ASTM, 2003, pág. 79). Estas partículas de calcio imparten al aceite combustible un beneficio anti desgaste a los cilindros, anillos de pistón y válvulas de un motor diésel (Norris, 2006, pág. 3).

Un factor que evita corrosión en el motor es el calcio que se encuentra en el combustible, una propiedad del calcio ayuda a prevenir el desgaste en los cilindros y las válvulas del motor.

3.3 EMISIONES DE GASES

3.3.1 ANÁLISIS MONÓXIDO DE CARBONO CO «% vol.»

Con el vehículo de prueba se realizaron 5 mediciones con el analizador de gases de escape AGS-688 para diésel Premium y biodiésel B5 a diferentes revoluciones de motor, la tabla 3.16 presenta la media de las emisiones de CO de las 5 mediciones efectuadas a diferentes revoluciones del motor utilizando diésel Premium y biodiésel B5, con estos valores se estableció la diferencia de emisiones entre los dos tipos de combustibles, determinando el porcentaje de incremento o disminución de las emisiones de CO.

Tabla 3.16 Resultados CO «% vol.» diésel Premium y biodiésel B5

rpm	Diésel Premium	Biodiésel B5	Delta	% Disminución
800	0,140	0,139	0,001	1%
1 000	0,148	0,120	0,028	19%
1 500	0,205	0,165	0,040	20%
2 500	0,180	0,169	0,011	6%

En las pruebas realizadas se puede apreciar que las emisiones de CO disminuyen con biodiésel B5 en comparación de los valores registrados con diésel Premium, se reducen 19 y 20% en las pruebas desarrolladas a 1 000 y 1 500 rpm respectivamente, a 800 rpm las emisiones de CO registraron 1% de disminución, en las pruebas a 2 500 rpm se determinó una rebaja de emisiones del 6%.

La figura 3.14 presenta los resultados de las emisiones de CO utilizando diésel Premium y biodiésel a base de higuierilla en proporción B5, comparando los resultados de las pruebas realizadas de forma visual y determinando que combustible mejora las emisiones de CO al ambiente.

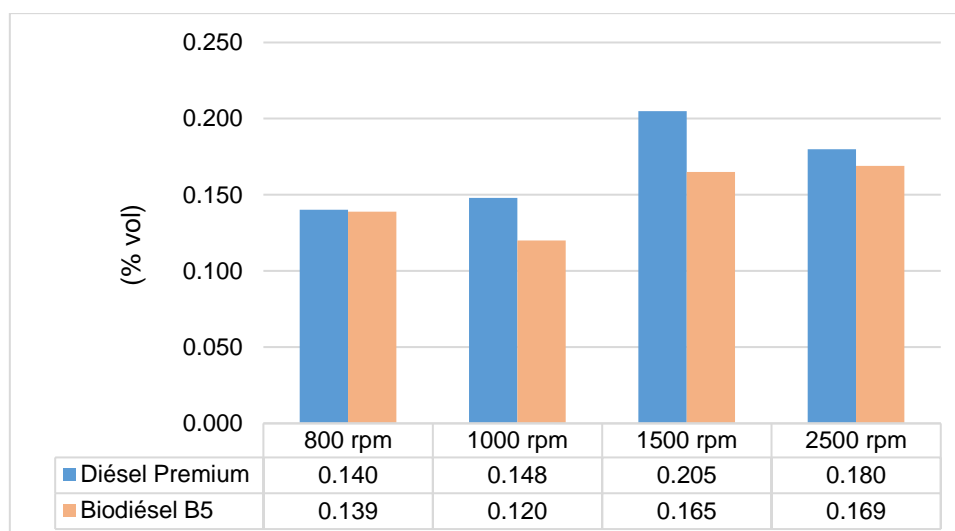


Figura 3.14 Comparación emisiones CO diésel Premium y biodiésel B5

3.3.2 ANÁLISIS DIÓXIDO DE CARBONO CO₂ «% vol.»

Se analizan los resultados referentes a CO₂ «% vol.» obtenidos mediante el analizador de gases en las 5 pruebas realizadas en el vehículo a diferentes revoluciones, la tabla 3.17 presenta la media de las emisiones de CO₂ de las mediciones efectuadas en el vehículo de prueba utilizando diésel Premium y biodiésel B5, con estos valores se estableció la diferencia de emisiones entre los dos tipos de combustibles, determinando el porcentaje de incremento o disminución de las emisiones de CO₂.

Tabla 3.17 Resultados CO₂ «% vol.» diésel Premium y biodiésel B5

rpm	Diésel Premium	Biodiésel B5	Delta	% Disminución
800	3,42	2,7	0,72	21%
1 000	2,84	2,7	0,14	5%
1 500	2,78	2,78	0,00	0%
2 500	3,7	3,44	0,26	7%

Existe disminución de emisiones de CO₂ en las pruebas realizadas con biodiésel B5 con relación a los resultados obtenidos utilizando diésel Premium, existe una disminución del 21% de CO₂ en las pruebas realizadas a 800 rpm, los resultados de emisiones a 1 500 rpm no registraron disminución.

La figura 3.15 presenta los resultados de las emisiones de CO₂ utilizando diésel Premium y biodiésel a base de higuierilla en proporción B5, comparando los resultados de las pruebas realizadas de forma visual y determinando que combustible mejora las emisiones de CO₂ al ambiente.

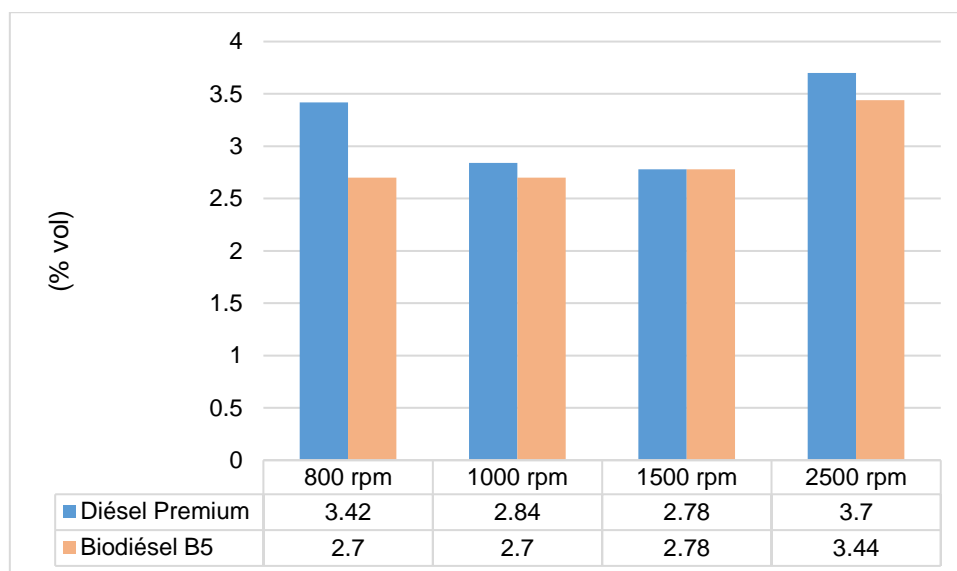


Figura 3.15 Comparación emisiones CO₂ diésel Premium y biodiésel B5

3.3.3 ANÁLISIS ÓXIDO DE NITRÓGENO NO_x «ppm vol.»

Las emisiones contaminantes de NO_x emitidas por el vehículo de prueba mediante el analizador de gases tanto para diésel Premium y biodiésel B5 arrojaron resultados favorables para la mezcla de biodiésel B5, la tabla 3.18 presenta la media de emisiones de NO_x de las 5 mediciones efectuadas en el vehículo de prueba a diferentes revoluciones del motor utilizando diésel Premium y biodiésel B5, con estos valores se estableció la diferencia de emisiones entre los dos tipos de combustibles, determinando el porcentaje de incremento o disminución de las emisiones de NO_x.

Tabla 3.18 Resultados NO_x «ppm vol.» diésel Premium y biodiésel B5

rpm	Diésel Premium	Biodiésel B5	Delta	% Disminución
800	69,4	55,4	14	20%
1 000	67,2	44,2	23	34%
1 500	56	33	23	41%
2 500	60,6	50,4	10,2	17%

Las emisiones de NOx registraron disminución al utilizar biocombustible, se redujo 17% a 2 500 rpm y el resultado más favorable fue de 41% de reducción de NOx a 1 500 rpm.

La figura 3.16 presenta los resultados de las emisiones de NOx utilizando diésel Premium y biodiésel a base de higuierilla en proporción B5, comparando los resultados de las pruebas realizadas de forma visual y determinando que combustible mejora las emisiones de NOx al ambiente.

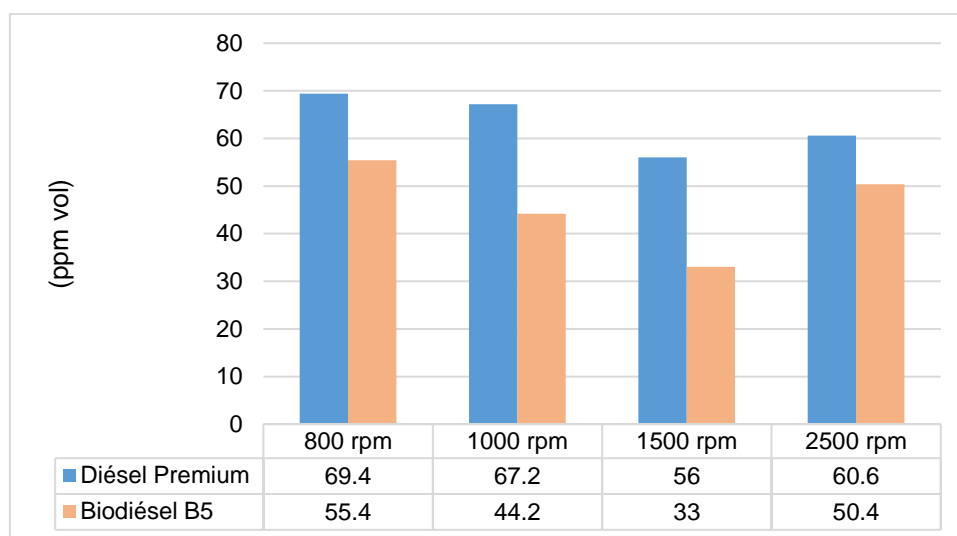


Figura 3.16 Comparación emisiones NOx diésel Premium y biodiésel B5

Los resultados comparativos de las emisiones de monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno obtenidas con el analizador de gases se presentan en la tabla 3.19 de las pruebas realizadas con diésel fósil y biodiesel.

Tabla 3.19 Emisiones contaminantes de CO CO₂ y NOx

rpm	Diésel Premium			Biodiésel B5		
	CO	CO ₂	NOx	CO	CO ₂	NOx
800	0,14	3,42	69,4	0,139	2,7	55,4
1 000	0,148	2,84	67,2	0,12	2,7	44,2
1 500	0,205	2,78	56	0,165	2,78	33
2 500	0,18	3,7	60,6	0,169	3,44	50,4

3.4 TORQUE Y POTENCIA

Para obtener datos de torque y potencia del vehículo de prueba se utilizó el dinamómetro de las instalaciones del taller de la Universidad Técnica del Norte, realizando 5 pruebas utilizando diésel Premium y 5 pruebas empleando biodiésel a base de higuierilla en proporción B5.

3.4.1 TORQUE CON COMBUSTIBLE DIÉSEL

En la tabla 3.20 se presentan los resultados de las cinco pruebas utilizando diésel Premium, se obtuvieron el máximo torque de cada prueba realizada en el dinamómetro, el régimen de giro del motor, determinando el valor promedio de torque con las respectivas rpm generadas, utilizando este tipo de combustible.

Tabla 3.20 Resultados torque diésel Premium

Prueba N°	Velocidad (km/h)	Torque (Nm)	rpm
1	75	174	2 634
2	76	172	2 669
3	73	164	2 564
4	71	163	2 494
5	73	173	2 575
Promedio	74	169	2 587

En las pruebas realizadas con diésel Premium el máximo torque registrado corresponde a 174 Nm @ 2 634 rpm, el menor torque fue de 163 Nm @ 2 494 rpm, de las cinco pruebas realizadas utilizando diésel normal se determinó el torque promedio en 169 Nm @ 2 587 rpm.

La figura 3.17 presenta los resultados de torque utilizando diésel Premium, las pruebas realizadas en el dinamómetro se representan gráficamente, visualizando los valores máximos de torque, la velocidad generada y las revoluciones del motor.

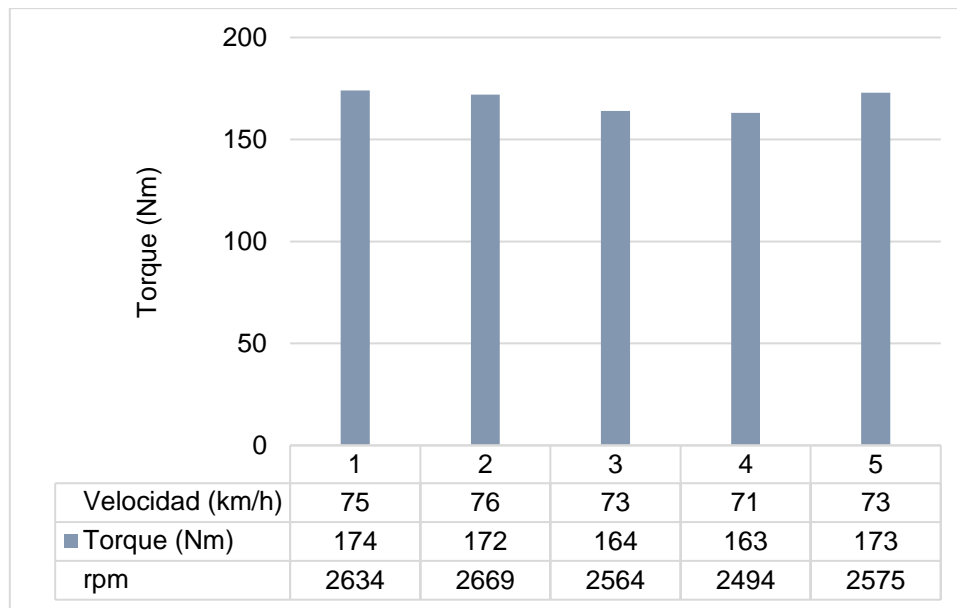


Figura 3.17 Resultados torque diésel Premium

La figura 3.18 presenta la curva característica de torque, generada mediante el software que dispone el dinamómetro del taller de la Universidad Técnica del Norte, los resultados de estas pruebas se encuentran disponibles en el Anexo III, para estas pruebas se utilizó diésel Premium.

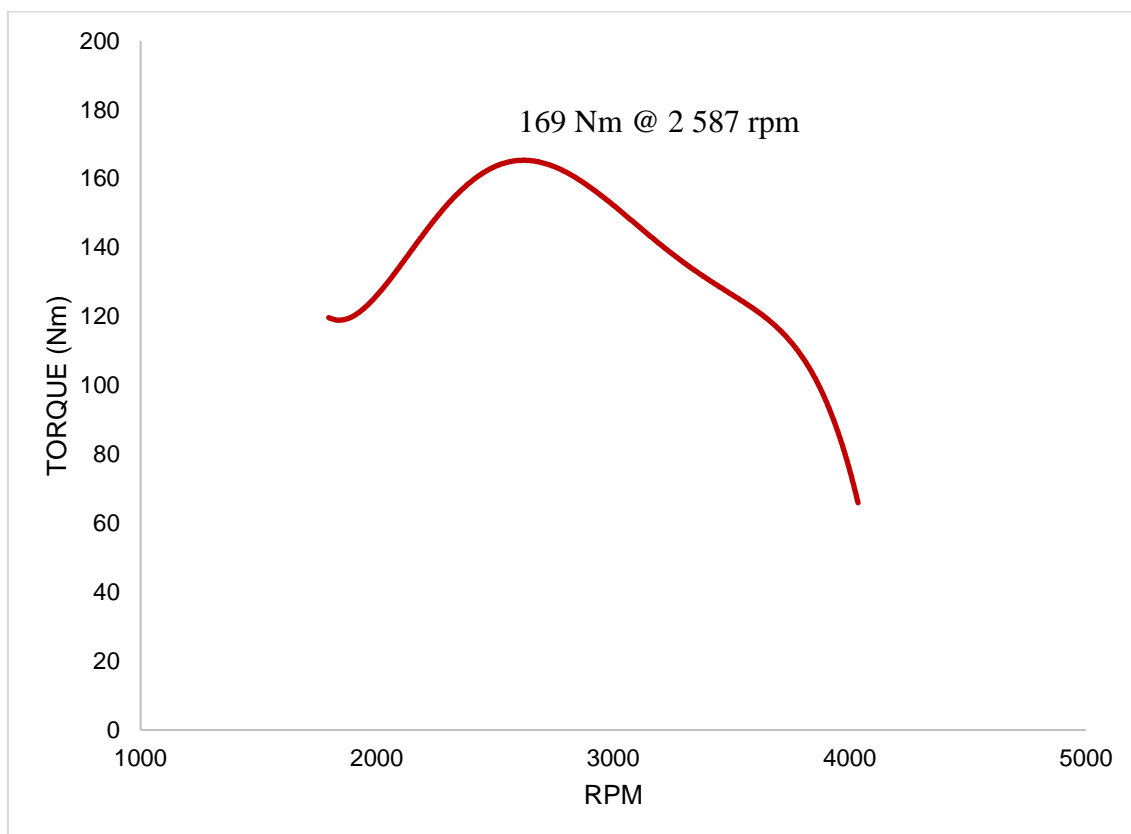


Figura 3.18 Curva dinamómetro torque diésel Premium

La curva característica de torque utilizando combustible diésel fósil empieza a crecer desde 120 Nm @ 2 000 rpm, llegando a su valor máximo de 169 Nm @ 2 587 rpm, a partir de este punto comienza a disminuir el torque que genera el motor hasta 80 Nm @ 4 000 rpm.

3.4.2 TORQUE CON COMBUSTIBLE BIODIÉSEL B5

La tabla 3.21 presenta los resultados de las pruebas realizadas en el dinamómetro para torque utilizando biodiésel de higuera en proporción B5 con sus respectivas velocidades alcanzadas, también se presenta el valor promedio de torque y velocidad de las 5 pruebas realizadas.

Tabla 3.21 Resultados torque biodiésel B5

Prueba N°	Velocidad (km/h)	Torque (Nm)	rpm
1	81	169	2 826
2	76	169	2 650
3	77	173	2 701
4	75	174	2 634
5	76	169	2 659
Promedio	77	171	2 694

El torque máximo utilizando combustible biodiésel de higuera en proporción B5 fue 174 Nm @ 2 634 rpm, el vehículo de prueba también registró en dos pruebas el mismo torque 169 Nm @ 2 650 rpm, el torque promedio de las 5 pruebas realizadas se estableció en 171 Nm @ 2 694 rpm.

La figura 3.19 presenta los resultados de torque utilizando biodiésel B5 a base de higuera de las pruebas realizadas en el dinamómetro mediante barras, visualizando los resultados del torque máximo alcanzado, la velocidad generada y las revoluciones del motor.

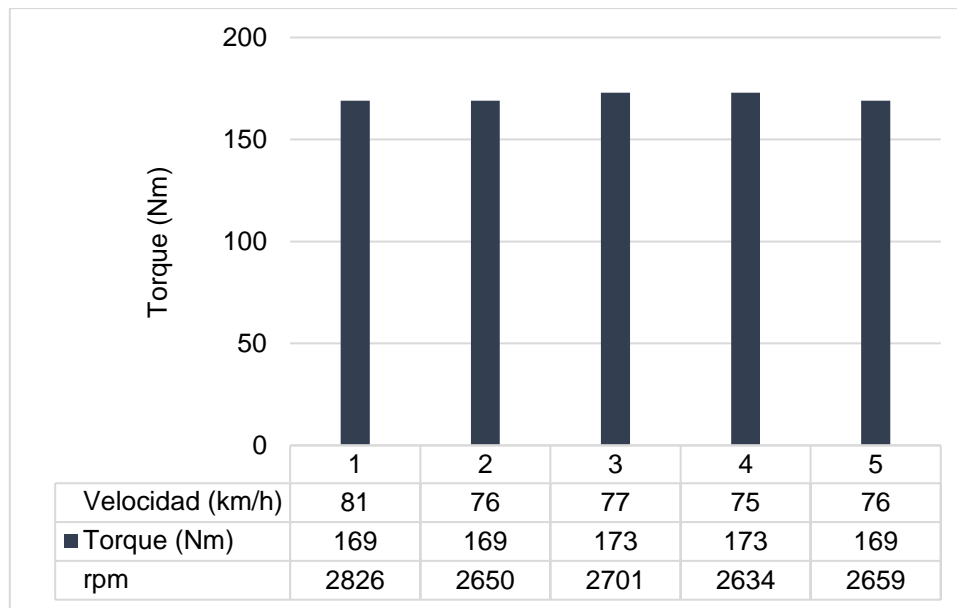


Figura 3.19 Resultados torque biodiésel B5

La figura 3.20 presenta la curva característica de torque generada mediante el software que dispone el dinamómetro del taller de la Universidad Técnica del Norte, los resultados de estas pruebas se encuentran disponibles en el Anexo III, para estas pruebas se empleó combustible biodiésel a base de higuerrilla en proporción B5.

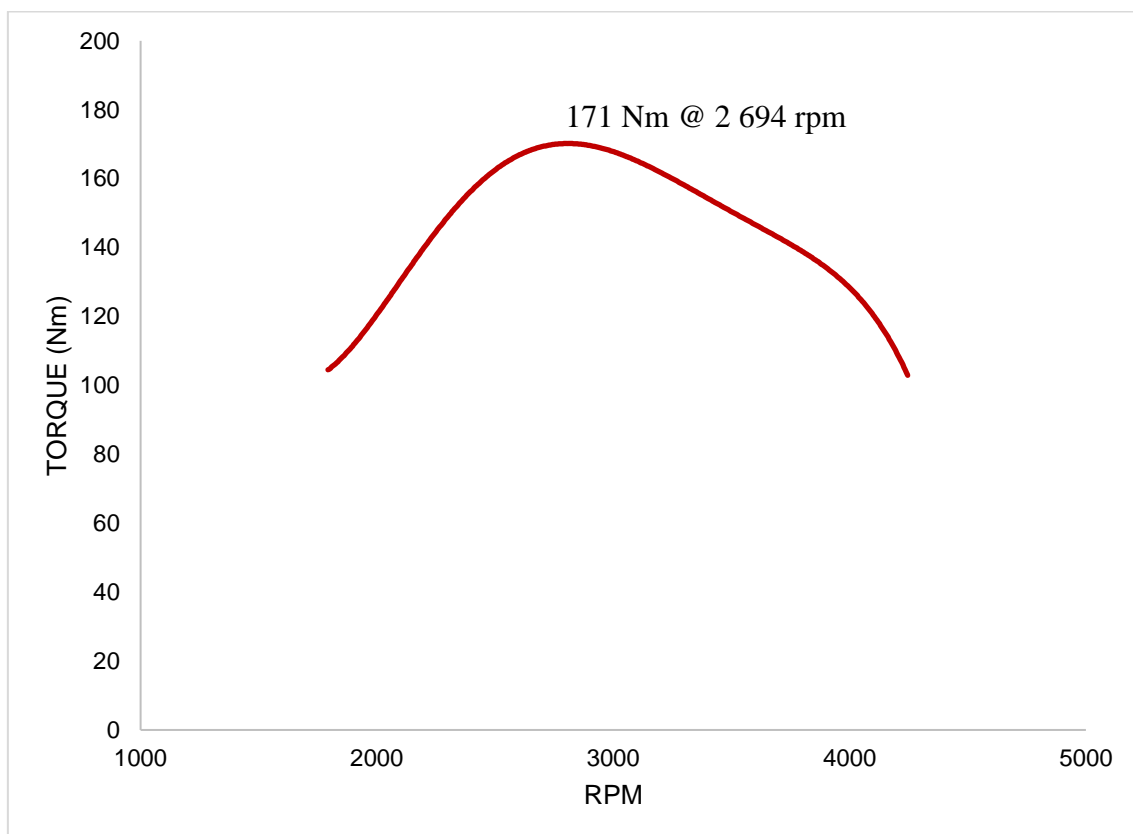


Figura 3.20 Curva dinamómetro torque biodiésel B5

Las pruebas de torque con biodiésel B5 efectuadas en el dinamómetro presentaron curvas más similares en relación a las curvas con diésel normal, la curva empieza a desarrollar un torque de 105 Nm @ 1 850 rpm, llega a su máximo valor en 171 Nm @ 2 694 rpm y empieza a disminuir hasta 110 Nm @ 4 000 rpm en las pruebas realizadas.

3.4.3 COMPARACIÓN TORQUE DIÉSEL VS BIODIÉSEL B5

Se compararon los resultados obtenidos de torque empleando diésel Premium y biodiésel B5 para determinar si presenta un mejor desempeño el vehículo de prueba en las pruebas realizadas estableciendo el porcentaje que mejora al utilizar combustible biodiésel a base de híguerilla en proporción B5, la tabla 3.22 presenta los resultados ponderados de torque con sus respectivas velocidades alcanzadas.

Tabla 3.22 Comparación torque diésel Premium y biodiésel B5

Descripción	Diésel	Biodiésel B5	Delta	% Incremento
Torque (Nm)	169	171	2	1,18%
Velocidad (km/h)	74	77	3	4,62%
rpm	2 587	2 694	107	4,14%

Los resultados ponderados de las pruebas de torque presentan incremento de torque al utilizar biodiésel en proporción B5, un aumento de 2 Nm en relación al resultado registrado con diésel Premium, este valor representa el 0,95% de mejora en el torque del vehículo de prueba, las revoluciones presentan un incremento de 4,13% para incrementar el torque de 169 Nm @ 2 587 rpm con diésel Premium a 171 Nm @ 2 694 rpm con biodiésel B5.

La figura 3.21 presenta los resultados ponderados de torque en forma gráfica, visualizando los resultados del torque máximo alcanzado, la velocidad generada y las revoluciones del motor utilizando diésel Premium y biodiésel B5.

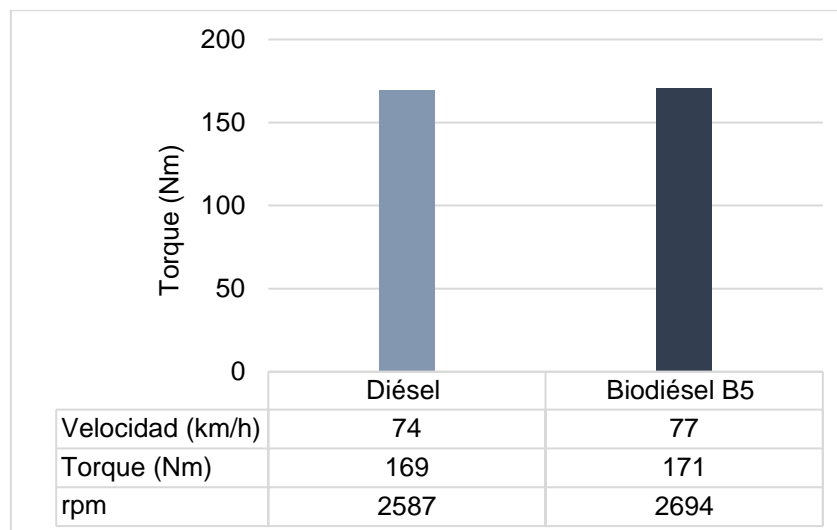


Figura 3.21 Comparación resultados torque diésel y biodiésel B5

3.4.3.1 ANÁLISIS TORQUE FICHA TÉCNICA VEHÍCULO DE PRUEBA

La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosférica, como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste (Scielo, 2006, pág. 27).

En el estudio realizado por (Puente & Remache, 2017), realizaron pruebas de torque a nivel de mar y a una altura de 2 850 metros sobre el nivel del mar, determinando que existe pérdida de torque si el vehículo trabaja a elevadas alturas, la figura 3.22 presenta los valores de torque correspondientes a la ficha técnica de la camioneta Mazda BT-50, y los resultados de torque utilizando diésel Premium y biodiésel B5.

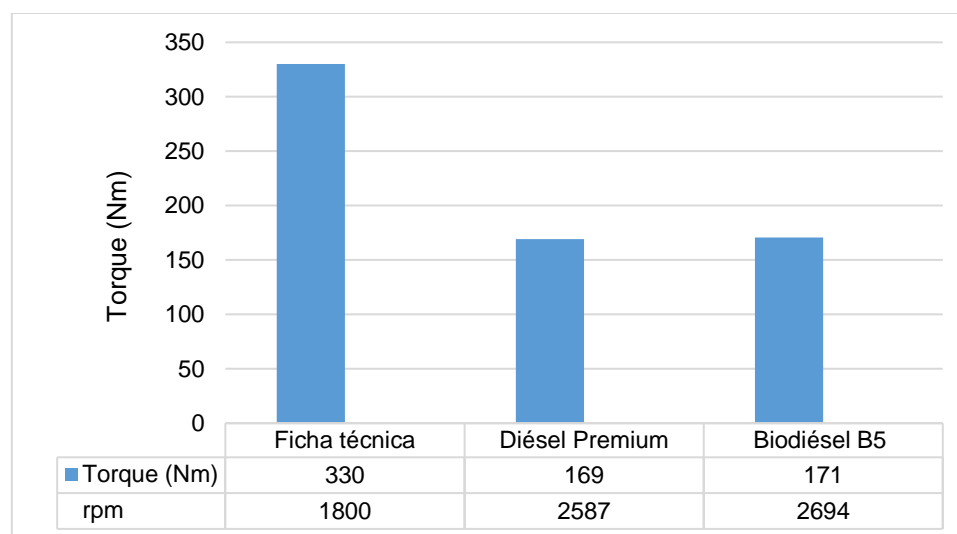


Figura 3.22 Comparación torque ficha técnica y pruebas realizadas

La ciudad de Ibarra se encuentra a 2 220 m s. n. m., en las pruebas realizadas en el dinamómetro se determinaron un torque de 169 Nm @ 2 587 rpm utilizando combustible diésel Premium, registrando una disminución del 48,73% en el torque, y utilizando combustible biodiésel B5 se obtuvieron 171 Nm @ 2 694 rpm que representa una rebaja de 48,30% con relación al torque especificado en la ficha técnica.

3.4.4 POTENCIA CON COMBUSTIBLE DIÉSEL

Otro factor de rendimiento en un vehículo es la potencia, que se encuentra expresada en caballos de fuerza «hp» a diferente régimen de giro del motor, la tabla 3.23 presenta los valores obtenidos en el dinamómetro para la potencia y sus rpm alcanzadas en las cinco pruebas realizadas con diésel Premium.

Tabla 3.23 Resultados potencia diésel Premium

Prueba N°	Régimen de giro (rpm)	Potencia (hp)
1	3 271	70,8
2	3 377	71,2
3	2 639	60,6
4	2 913	59,3
5	3 401	68,2
Promedio	3 120	66

El valor más significativo de los resultados registrados para potencia utilizando combustible diésel Premium fue 71,2 hp @ 3 377 rpm, el menor valor de potencia se registró en la cuarta prueba con una potencia de 59,3 hp @ 2 913 rpm, el valor ponderado de potencia se determinó en 66 hp @ 3 120 rpm.

La figura 3.23 presenta los resultados de potencia utilizando diésel Premium de las pruebas realizadas en el dinamómetro mediante barras, visualizando los resultados de potencia máxima alcanzada, la velocidad generada y las revoluciones del motor.

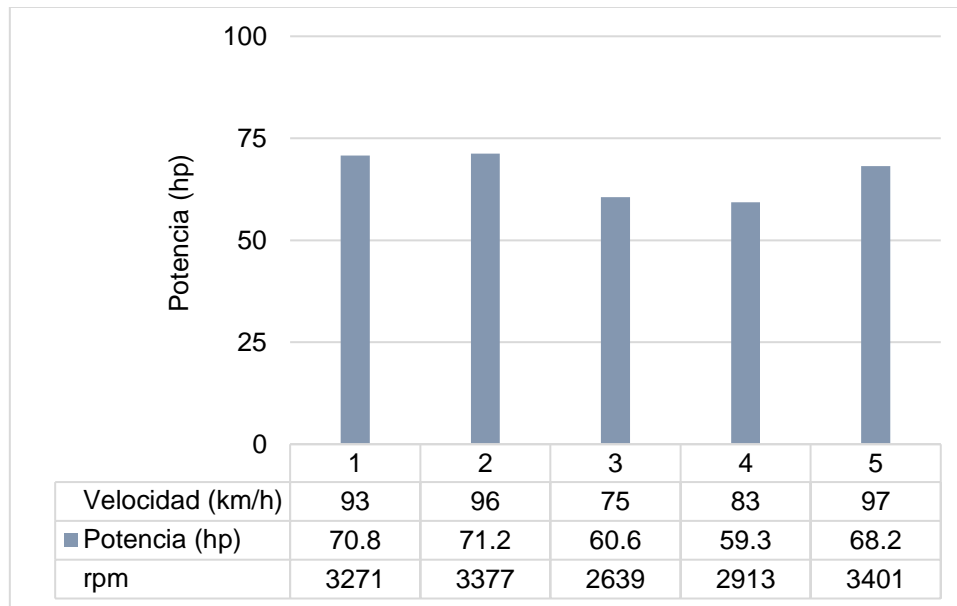


Figura 3.23 Resultados potencia diésel Premium

La figura 3.24 presenta la curva característica de potencia generada mediante el software que dispone el dinamómetro del taller de la Universidad Técnica del Norte, los resultados de estas pruebas se encuentran disponibles en el Anexo III, para estas pruebas se utilizó diésel Premium.

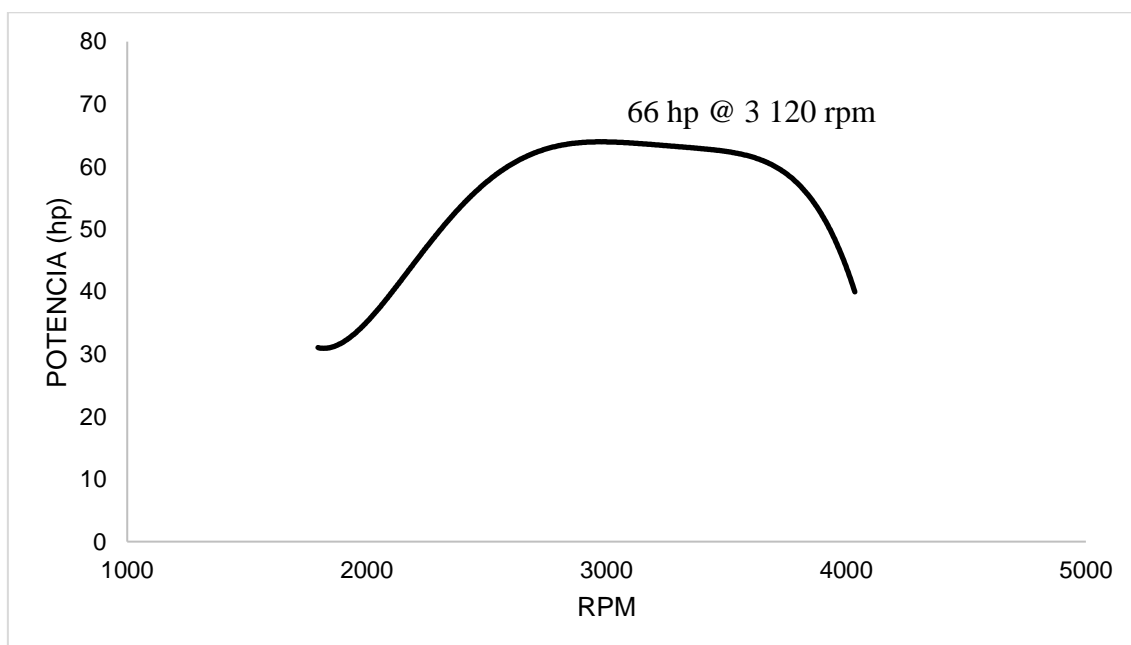


Figura 3.24 Curva dinamómetro potencia diésel Premium

La curva característica de potencia empleando diésel Premium, presenta la potencia máxima en 66 hp @ 3 120 rpm, a partir de este valor comienza a disminuir la potencia que genera el motor, llegando a 40 hp @ 4 200 rpm con este tipo de combustible.

3.4.5 POTENCIA CON COMBUSTIBLE BIODIÉSEL B5

Las pruebas de potencia realizadas en el dinamómetro al vehículo de prueba utilizando biodiésel de higuera en proporción B5 arrojaron resultados favorables para este tipo de combustible, la tabla 3.24 presenta los resultados obtenidos de las cinco pruebas realizadas para determinar la potencia media del vehículo de prueba con su respectivo régimen de giro alcanzado.

Tabla 3.24 Resultados potencia biodiésel B5

Prueba N°	Régimen de giro(rpm)	Potencia (hp)
1	3 468	73,9
2	3 697	75,8
3	3 654	75,9
4	3 769	75,9
5	3 836	74,4
Promedio	3 685	75

Las pruebas realizadas de potencia utilizando biodiésel B5 registraron valores más uniformes llegando a proporcionar una potencia máxima de 75,9 hp @ 3 769 rpm, la menor potencia alcanzada fue de 73,9 hp @ 3 468 rpm, de esta forma se determinó el valor promedio de la potencia utilizando combustible biodiésel B5 en 75 hp @ 3 685 rpm.

La figura 3.25 presenta los resultados de potencia utilizando biodiésel B5 de las pruebas realizadas en el dinamómetro, mediante una gráfica, para visualizar los resultados de los valores de potencia máxima alcanzada en cada prueba, la velocidad generada y las revoluciones del motor.

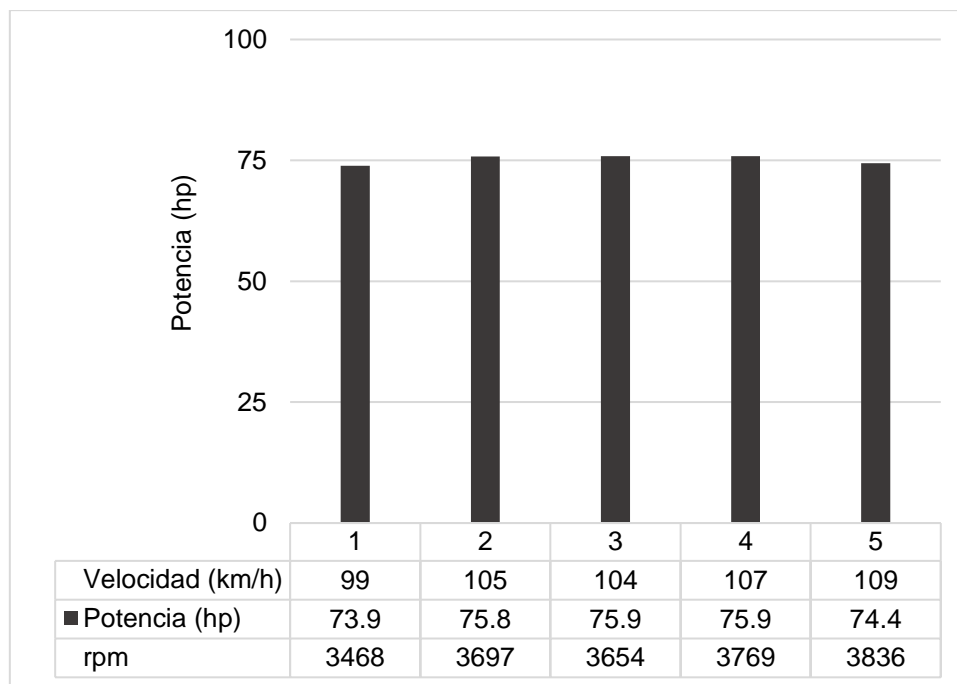


Figura 3.25 Resultados potencia biodiésel B5

La figura 3.26 presenta la curva característica de potencia que se generó mediante el software que dispone el dinamómetro del taller de la Universidad Técnica del Norte, los resultados de estas pruebas se encuentran disponibles en el Anexo III, para la realización de estas pruebas se utilizó biodiésel a base de higuierilla en proporción B5.

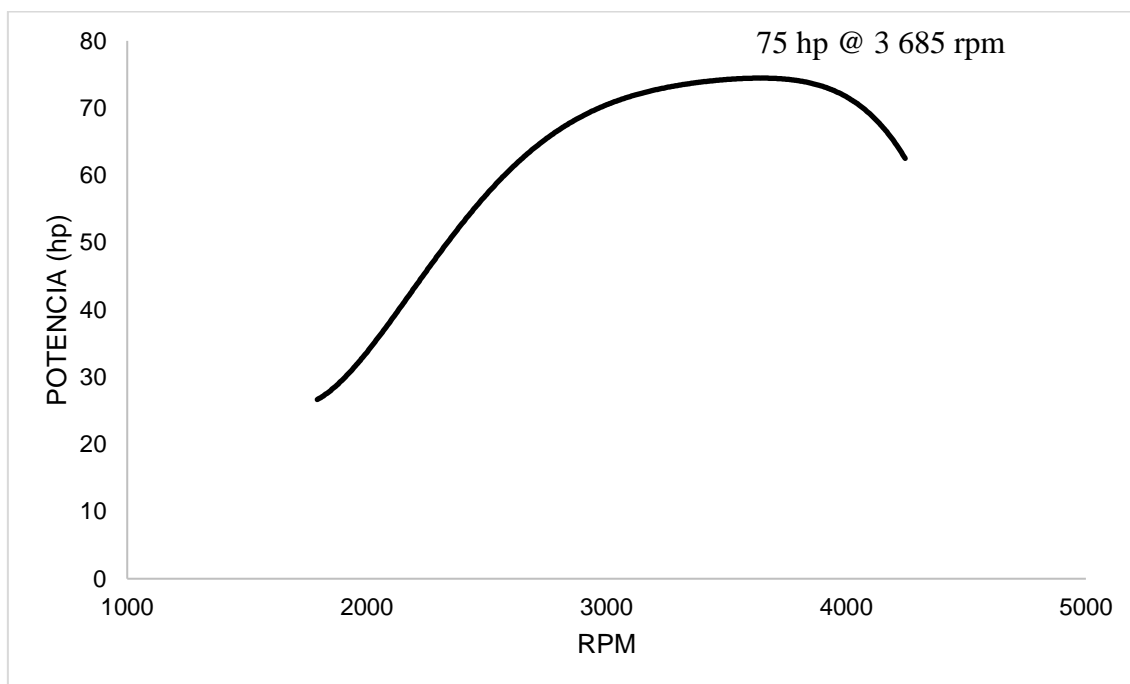


Figura 3.26 Curvas dinamómetro potencia biodiésel B5

El comportamiento de la curva de potencia con biodiésel B5 es más uniforme, la potencia máxima registrada es 75 hp @ 3 685 rpm, en las pruebas realizadas este valor comienza a decrecer llegando a generar una potencia de 60 hp @ 4 200 rpm.

3.4.6 COMPARACIÓN POTENCIA DIÉSEL VS BIODIÉSEL B5

Realizada la tabulación de los valores de potencia para las 5 pruebas realizadas con diésel Premium y biodiésel B5 en el dinamómetro se tiene los valores promedios de potencia en hp y el régimen de giro del motor del vehículo de prueba en rpm, la tabla 3.25 presenta los resultados obtenidos de potencia utilizando diésel normal y biodiésel de higuera en proporción B5.

Tabla 3.25 Comparación potencia diésel Premium y biodiésel B5

Descripción	Diésel	Biodiésel B5	Delta	% Incremento
Potencia (hp)	66	75	9	13,87%
Régimen de giro(rpm)	3 120	3 685	565	18,09%

El incremento de potencia al utilizar biodiésel B5 se elevó 13,87% respecto al combustible diésel Premium calculado en 66 hp @ 3 120 rpm, igualmente el régimen de giro para la potencia registrada con biodiésel B5 se incrementó 18,09% en relación a la determinada con diésel fósil de 3 120 rpm a 3 685 rpm.

La figura 3.27 presenta los resultados ponderados de potencia en forma gráfica, visualizando los resultados de potencia máxima alcanzada, la velocidad generada y las revoluciones del motor utilizando diésel Premium y biodiésel B5.

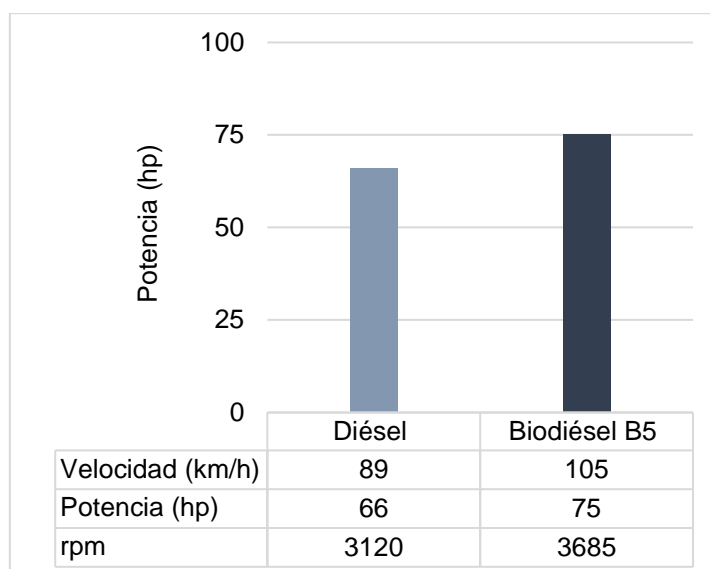


Figura 3.27 Comparación potencia diésel Premium y biodiésel B5

3.4.6.1 ANÁLISIS POTENCIA FICHA TÉCNICA VEHÍCULO DE PRUEBA

Dependiendo la altitud en que se desarrollen las pruebas, la potencia disminuye, sin embargo, este efecto se reduce al sobrealimentar el motor, pudiendo incluso llegar a compensarse tal reducción a alto régimen (Sciolo, 2006, pág. 27). La figura 3.28 presenta los valores de potencia descritos en la ficha técnica del vehículo de prueba y los resultados obtenidos al utilizar diésel fósil y biodiésel de higuera en proporción B5.

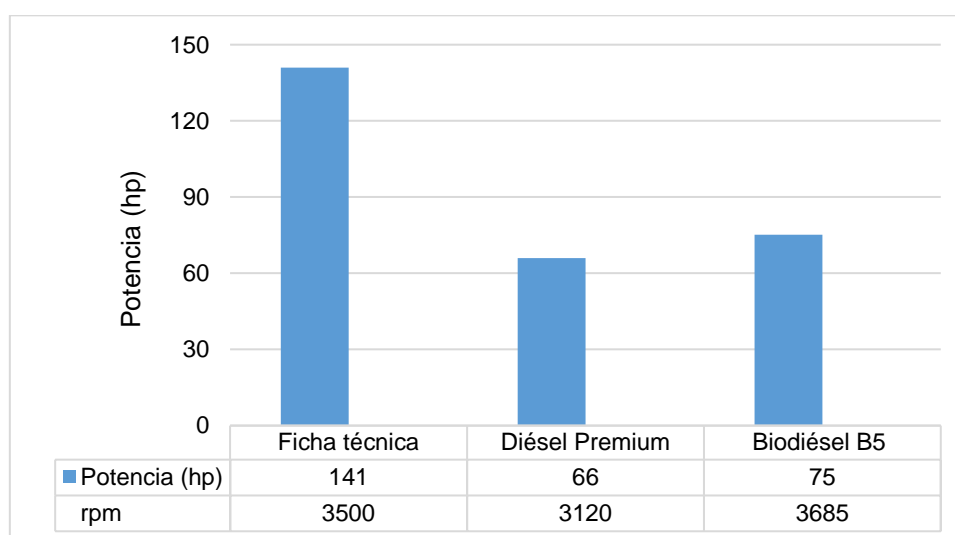


Figura 3.28 Comparación potencia ficha técnica y pruebas realizadas

Según datos proporcionados en la ficha técnica del vehículo de prueba, se registra una potencia máxima de 141 hp @ 3 500 rpm, los resultados obtenidos en las pruebas utilizando diésel Premium determinaron 66 hp que representaron una disminución de 53,18% de potencia y al utilizar biodiésel B5 a base de higuierilla la potencia presentó una disminución del 46,68%.

La ficha técnica del vehículo de prueba hace referencia a un automotor nuevo, en un ambiente óptimo de funcionamiento, a diferencia de las circunstancias que presenta el vehículo en las pruebas desarrolladas, desgaste de los elementos del motor, condiciones atmosféricas, calidad del combustible utilizado, kilometraje recorrido y mantenimientos realizados, escenarios que limitan el rendimiento del motor.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Del análisis comparativo de las propiedades fisicoquímicas del biodiésel B5 con las normas ASTM e INEN, se determinaron que 5 propiedades no se encuentran dentro de los estándares de calidad, densidad a 15°C excede en 63%, punto de inflamación 17,10% menos, cenizas sulfatadas 50% más, azufre 66,67% más y «Na+K» excede 39,38% al valor permitido. El biodiésel que se utilizó en estas pruebas tenía varios meses de almacenamiento, lo que refleja los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas realizadas.

A un bajo régimen el biodiésel B5 presentó mejores resultados, en los ensayos realizados a 800 rpm, las emisiones de CO₂ disminuyendo el 21% al utilizar biodiésel de higuera en proporción B5, tomando como referencia al combustible diésel Premium, no se obtuvo reducción de emisiones de CO₂ a 1 500 rpm, en las pruebas realizadas a 1 000 rpm hubo reducción de emisiones de CO₂ en 5% y en 2 500 rpm registraron 7% de disminución de este compuesto al ambiente.

Las emisiones de CO disminuyeron al utilizar biodiésel B5, se registraron los mejores valores en las pruebas efectuadas a 1 000 y 1 500 rpm con una reducción de CO en 19 y 20% de los resultados que se obtuvieron al utilizar diésel Premium, en las pruebas a 800 y 2 500 rpm se obtuvieron 1 y 6% respectivamente en la disminución de las emisiones de monóxido de carbono. La viscosidad afecta la combustión, mejora la atomización del biocombustible reflejando disminución en las emisiones de CO.

Los resultados de las emisiones de los NO_x obtuvieron mejoras en todas las pruebas realizadas utilizando B5, a 2 500 rpm se registró una reducción del 17% de emisiones, el resultado más favorable en la reducción de NO_x se obtuvo a 1 500 rpm llegando a disminuir la emisión de estos compuestos en un 41%. Al disminuir la cantidad de azufre con biodiesel, se reducen las emisiones de estos gases contaminantes.

Los datos obtenidos para torque determinaron, 169 Nm @ 2 587 rpm utilizando diésel fósil, y 171 Nm @ 2 694 rpm empleando biocombustible de higuierilla en proporción B5, que representa incremento de 1,18% de torque, de la misma forma el régimen de giro del motor experimento un crecimiento de 4,14%, propiedades del biocombustible como densidad, poder calorífico y viscosidad, afectan el torque y el régimen de giro del motor.

El biodiésel de higuierilla con mezcla B5 registró mejores resultados que el combustible diésel Premium, el desempeño del motor fue mejor al evaluar el rendimiento de su potencia llegando a obtener un incremento de 13,87%, la potencia generada utilizando diésel de origen fósil se elevó, de 66 hp @ 3 120 rpm a 75 hp @ 3 685 rpm al realizar el cambio de combustible por biodiésel B5, al mezclar diésel fósil con biodiesel, ciertas características mejoran y otras agudizan, influyendo el rendimiento del motor.

4.2 RECOMENDACIONES

Realizar el análisis fisicoquímico para otras mezclas de biodiésel de higuera en proporción B10 y B20, comparando con los resultados expuestos en esta investigación, y determinar que propiedades mejoran con estas mezclas, cumpliendo los estándares de calidad que establecen las normas ASTM e INEN.

Realizar pruebas de emisiones para biodiésel de higuera en concentración B5 a diferentes alturas, empleando un vehículo de prueba con características similares al utilizado en las pruebas realizadas, determinando los beneficios de este tipo de biocombustible, en el consumo y rendimiento del motor.

Realizar ensayos de emisiones de CO, CO₂ y NO_x en mezclas de biodiésel de higuera B10 y B20, para determinar los porcentajes que disminuyen estas emisiones planteadas, respecto a los datos presentados actualmente de los gases de escape, estableciendo la mezcla eficaz que sea más amigable al ambiente.

Incentivar el uso de biodiésel en la mancomunidad universitaria mediante charlas enfocadas en los beneficios energéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC Reportajes. (17 de Septiembre de 2014). *ABC*. Obtenido de <https://www.abc.es/motor-reportajes/20140917/abci-contaminan-diesel-gasolina-201409161153.html>
- Aficionados a la mecánica. (12 de Febrero de 2007). Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve.htm>
- Aficionados a la mecánica. (16 de Marzo de 2011). Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- Agro. (15 de Marzo de 2012). Recuperado el 30 de Noviembre de 2019, de <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Atmosfera/contatmosf.pdf>
- Airgo2. (12 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://www.airgo2.com/es/contaminacion-aire/contaminantes/monoxido-carbono/#:~:targetText=Los%20m%C3%A1s%20comunes%20son%20debilidad,cansancio%20o%20problemas%20de%20movimiento.>
- Ampuero Arias, L. (2015). Obtenido de https://www.academia.edu/13107038/DESTILACION_ASTM_DIESEL
- ARCH. (2016). Obtenido de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/MARCO-LEGAL-2016/Registro-Oficial-Edicio%CC%81n-Especial-43-Res.-ARCH-4.pdf>
- Arias Pérez, D. E., Teuta Ramírez, C. A., & Parra Plazas, J. (1 de Diciembre de 2011). Caracterización de las propiedades del biodiesel de girasol bajo la Norma NTC de 100/04 y medición de poder calorífico. *Avances Investigación en Ingeniería*, 75. Obtenido de http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-8-2/r8-2_art9.pdf
- Arroyo, S. S. (2013). Biodiesel production by free fatty acid esterification using lanthanum (La³⁺) and HZSM-5 based catalysts. *Bioresource Technology*, 248 - 255.
- ASTM. (2003). *The Significance of Tests for Petroleum Products*. ASTM International.
- ASTM. (2007). Obtenido de <https://www.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2017/08/rtca-75.02.17.06-diesel-especificaciones.pdf>
- ASTM. (2014). Requisitos biodiesel. *ASTM*, 275.
- ASTM. (2018). Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D95-SP.htm>

- ASTM. (2018). Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D524-SP.htm>
- AutoScout24. (5 de 12 de 2018). *Emisiones de gases vehiculares*. Obtenido de www.autoscout24.es
- Avellaneda Vargas, F. (2010). *Universidad ROVIRA I VIRGILI*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8588/Tesi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bauer. (2008). 59.
- Bhargav, P. (7 de Febrero de 2018). *Quora*. Obtenido de <https://www.quora.com/How-does-the-density-of-a-fuel-affects-the-efficiency-of-an-engine>
- BOSCH. (2005). *Técnica de los gases de escape para motores de gasolina*. Reverte.
- Carburando. (27 de 02 de 2015). Biodiesel, una opción verde. pág. 10.
- CISE. (2019). Obtenido de http://www.cise.com/portal/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&category_id=3&product_id=69&vmcchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=54
- ConceptoDefinicion. (19 de Julio de 2019). *ConceptoDefinicion*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/metodo-inductivo/>
- Consuegra, S. (2007). *ITSA*. Obtenido de <http://www.itsa.edu.co/docs/17-S-Consuegra-Modulo-Motores-Diesel.pdf>
- Contributors, E. (2015). Biodiésel. *Hidróxido de Sodio*, 4.
- Costa, A. (2013). *Biomasa y Biocombustibles*. Madrid: AMV Ediciones.
- CourseHero. (2017). Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/p2c3c2o/Rendimiento-volum%C3%A9trico-En-teor%C3%ADa-la-cantidad-de-fluido-que-entra-en-el/>
- Dietsche, K. H. (2005). *Manual de la técnica del automóvil Teoría y práctica*. Reverte.
- DPEC. (2019). Resultados análisis biodiesel. Quito.
- Echeverría Echeverría, J. C. (1 de Abril de 2018). *Repositorio UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8042/1/04%20MAUT%20053%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Ecoclimatico. (23 de Marzo de 2008). Obtenido de <http://www.ecoclimatico.com/archives/el-hollin-un-gran-contaminante-312>
- Ecured. (26 de Marzo de 2011). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Potencia>
- Edmar, S. C., & Víctor, G. Q. (2009). Los biocombustibles. *El cotidiano*, 82.

- El Universo. (3 de 4 de 2019). Agrocombustibles darán impulso a palma y caña. pág. 8.
- ESPOL. (2009). Características del chorro de combustible cuando al motor diesel se lo adapta para que trabaje con aceite de colza. *Revista Tecnológica ESPOL*, 9-15.
- Fernández González, J., Gutierrez Martín, F., Del Río González, P., San Miguel Alfaro, G., Bahillo Ruiz, A., Sánchez Hervas, J. M., . . . Aracil Mira, J. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (15 de Febrero de 2017). Obtenido de <https://www.gob.mx/firco/articulos/higuerilla-planta-convertida-en-aceite?idiom=es#:~:targetText=La%20higuerilla%20es%20una%20planta%20ar bustiva%20de%201%20a%205m,tienen%20dientecillos%20de%20tama%C3% B1o%20irregular>.
- García del Río, A. J. (2017). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel*. Elearning, S.L.
- García, A. J. (2017). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel*. Globaltech. (28 de Enero de 2019). Obtenido de <https://globaltech-car.com/producto/analizador-de-gases-brain-bee-modelo-ags-688/>
- Gonzales Calleja, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Goñi, J., & Rojas, M. (2016). *Manual de combustibles alternativos y tecnología automotriz*. Lima: Fondo editorial.
- Gunza, C., & Urresta, D. (2018). ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIÉSEL CON B10. 8.
- INEN. (2009). Biodiesel requisitos. *Normativa INEN*, 10.
- Iniap. (2014). Higuerilla. *Iniap tecnología*, 5.
- Inmesol. (13 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://www.inmesol.es/blog/rudolf-diesel-el-inventor-del-motor-que-lleva-su-nombre-1858-1913>
- Instituto para la salud geoambiental. (15 de Junio de 2017). Obtenido de <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2>
- Jaya, E., & Vaca, R. (Abril de 2016). *Repositorio EPN*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17175/1/CD-7693.pdf>
- Lluch Urpi, J. (2012). *Tecnología y margen de refino del petróleo*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- Lombana Coy, J., Vega Jurado, J., Herrera Velásquez, S., & Britton Acevedo, E. (2015). *Análisis del sector biodiésel en Colombia y su cadena de suministro*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Manual AGS 688. (13 de Octubre de 2015). Obtenido de <https://vdocuments.mx/manual-ags-688.html>
- Márquez, I. L. (2017). Manejo de higuera para el valle del mezquital Hidalgo. México: Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.
- McGRAW-HILL. (1988). *Mecánica para motores diésel*. México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria.
- Ministerio de Energía. (2015 de Noviembre de 2015). *Diésel*. Recuperado el 14 de Marzo de 2019, de Aprende con energía: <https://www.aprendeconenergia.cl/diesel/>
- Norris, R. (2006). *Google Patents*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US3002825?q=calcium+effect+on+the+diesel+fuel>
- Ortiz Valenzuela, F. (2010). *bdigital*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/3043/1/291473.2010.pdf>
- Pantoja Cabrera, D. A. (27 de Abril de 2018). *Repositorio USFQ*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7140/1/137034.pdf>
- Pilatáxi Yungán, E. V., & Palomo Palomo, K. S. (s.f.). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DEL CONSUMO. *ESPE*, 25.
- Pozzi, M. (2013). *UPF*. Obtenido de https://www.upf.edu/web/antenas/el-neologismo-del-mes/-/asset_publisher/GhGirAynV0fp/content/id/3562622/maximized#.XifHEDJKjIU
- Redgiga. (14 de 12 de 2009). *Motorgiga*. Obtenido de Motorgiga: <https://motorgiga.com/mazda/bt-50/precios/mazda-bt-50-2-5-crtd-active-precio-ficha-tecnica/134586>
- Reveco, L. (2014). *Slideshare*. Obtenido de https://es.slideshare.net/mobile/Luis_Reveco/bomba-rotativa-8235458
- Rodríguez, E. M., & Mayero Franco, L. M. (2000). *Manual de toxicología básica*. Ediciones Díaz de Santos.
- San José, C. R. (2007). Preguntas y respuestas más frecuentes de biocombustibles. *IICA*, 24.

- Sánchez Medina, I. A., & Huertas Greco, K. (2012). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3048/6626S211.pdf;jsessionid=2E580E8B15EADB1463FA8D98291434C1?sequence=1>
- Scielo. (2006). Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. *Información Tecnológica*, 17(5), 21-30. Recuperado el 1 de Noviembre de 2019, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005
- Senplades. (2017/2021). *Toda una vida*, 148.
- Tormos Martínez, B. (2005). *Diagnóstico de motores diésel mediante el análisis del aceite usado*. Barcelona: Reverte.
- Tribologik. (Abril de 2013). Obtenido de http://www.tribologik.com/newsletters/nl_2013apr_es.pdf
- Tribologik. (2015). Obtenido de <http://www.pmaint.com/tests.php?lang=es>
- Twenergy. (18 de Noviembre de 2019). Obtenido de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/curiosidades/biodiesel-ventajas-y-desventajas/>
- Vamag. (13 de Marzo de 2017). *Manual de Operación y Mantenimiento*. Italia.
- Vargas, E. (1997). *Metodología de las enseñanzas*. Costa rica: Universidad Estatal.
- Vivas Castaño, A. M. (2010). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/f37d/645cb7ca48e5da5e8a7184688956b8f7533e.pdf>

ANEXOS

ANEXO I

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL BIODIESEL



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS PETRÓLEO

Informe N° 19-05-01-P-1
 Fecha 2019-05-23

Referencia: OT-19-05-01-P
Empresa: PARTICULAR
Atención: Sra. Diana Barriga
Dirección: Ibarra
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: MEZCLA BIODIESEL
Identificación de la muestra: MEZCLA B5 BIODIESEL DIANA BARRIGA
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
Fecha de ingreso de muestra: 2019-05-02
Código de la muestra: OE-19-05-01-P-1
Fecha de realización de ensayos: 2019-05-10 a 2019-05-22

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (%)
Densidad a 15 °C*	g/l	PNE/DPEC/P/ASTM D-287	1,467	-
Punto de Inflamación*	°C	PNE/DPEC/P/ASTM D-93	77,1	-
Sedimento básico y agua (%BSW)*	%V	ASTM D-1796	<0,012	-
Agua por destilación*	%V	ASTM D-95	<<0,05	-
Cenizas sulfatadas*	%P	ASTM D-874	0,03	-
Viscosidad cinemática a 40 °C*	cSt	PNE/DPEC/P/ASTM D-445	4,16	-
Azufre*	%P	PNE/DPEC/P/M104 Ref. ASTM D-4294	0,0025	-
Carbón Conradson (Residuo Carbonoso)*	%P	PNE/DPEC/P/ASTM D-189	0,017	-
Corrosión a la lámina de Cu*	Unidad de Corrosión	PNE/DPEC/P/ASTM D-130	1b	-
Índice de cetano calculado*	-	REF. ASTM D-287	49	-
Temperatura de destilación al 90 % recuperado*	°C	ASTM D-86	343,7	-
Sodio*	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5863/ APHA 3111 B	4,390	-
Potasio*	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5056/ APHA 3111 B	2,579	-
Calcio*	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5056/ APHA 3111 B	1,875	-
Magnesio*	mg/kg	Método Interno Ref. ASTM D-5056/ APHA 3111 B	1,225	-

Nota.- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE
Nota: Los resultados que constan en el presente informe sólo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Condiciones Ambientales.- Presión 545,6 mm Hg; Temperatura: 18 °C

AN: ABO/DRA/JUS
 Realizado por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.
 Ing. Fernanda Toasa L.
 RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.
 Ing. Ghem Carvajal C.
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec

MC2201-P01-7

Hoja 1 de 1

Figura I.1 Caracterización fisicoquímica del biodiésel B5

ANEXO II

PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO



Figura II.1 Sustitución del filtro de combustible



Figura II.2 Filtro de combustible

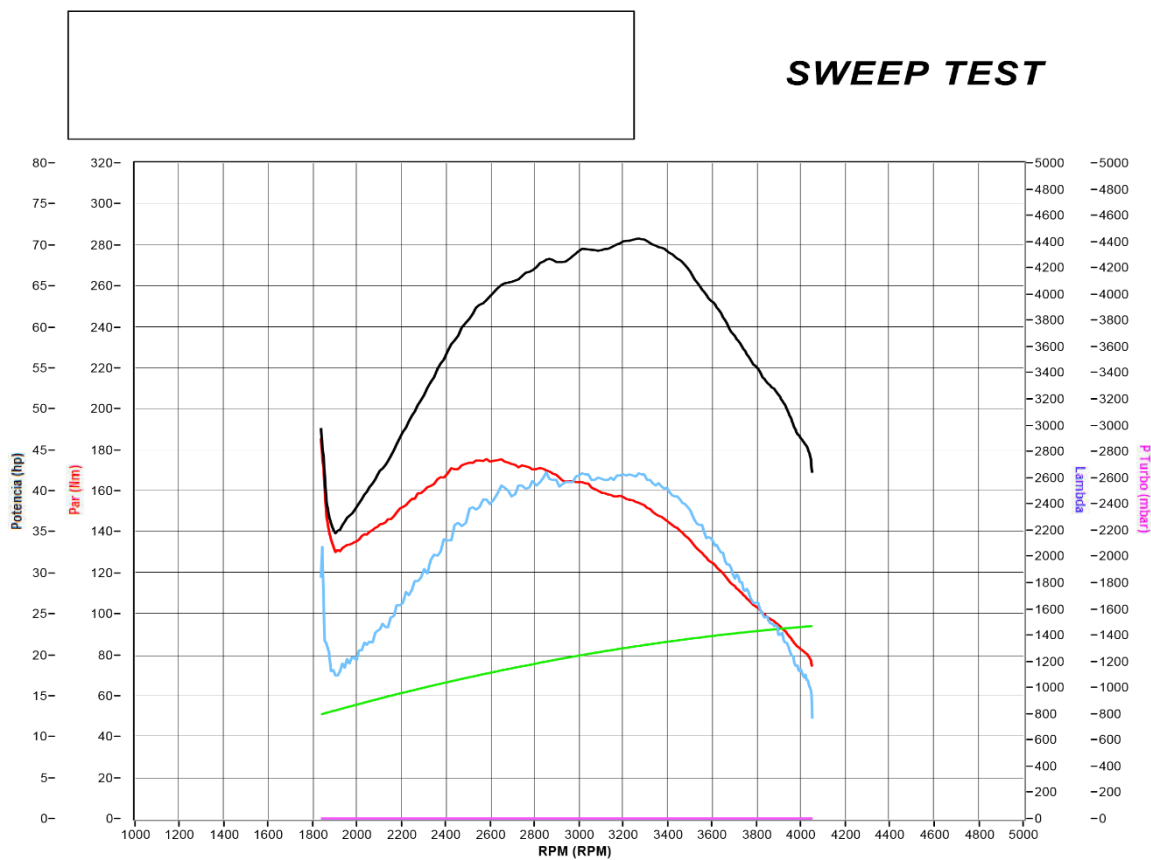


Figura II.3 Ubicación de anclajes de seguridad en puntos de apoyo

INTRODUCCION DATOS SESIÓN DE PRUEBA		18/06/2019 - 9:34
Modelo vehículo (F1):	bt50	
Matrícula (F2):	IAK 0817	Notas (shift+F1)
Cliente (F3):	DIANA BARRIGA	
Operador (F4):	PAUL HERNANDEZ	
Cilindrada (F7):	2500	
Alimentación (F8):	Diesel	-
Tipo motor (F9):	Sobrealimentado	-
Cuentar revoluciones (F10):	Ninguno	-
Tracción (F11):		-
Salir (Esc)		Continuar (Enter)
INTRODUCIR DATOS DE SESIÓN		

Figura II.4 Registro de datos

ANEXO III PRUEBAS DE TORQUE Y POTENCIA



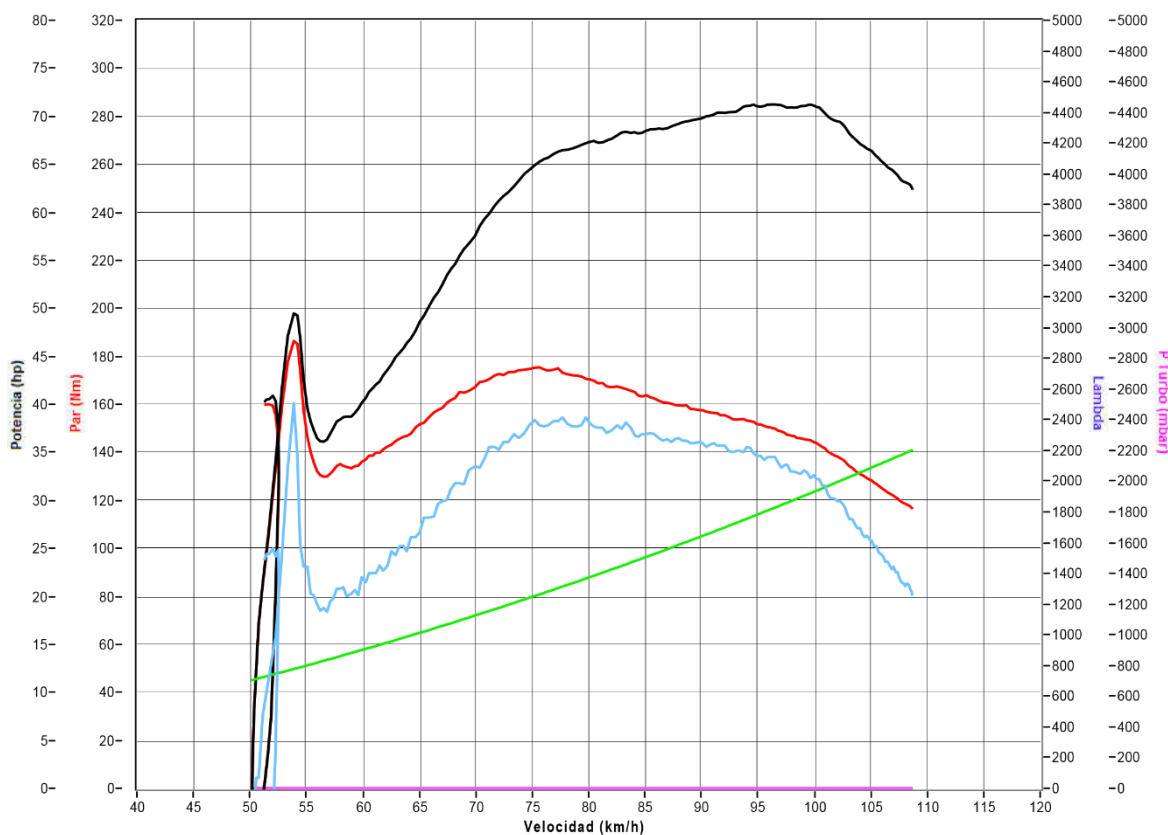
Fecha prueba	18/06/19 - 09:38:36
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	22
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_093836.dat
Note	

● Potencia al cigüeña	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	70,8	hp
Potencia max a correspondientes a	3271	rpm
corregido por factor de corrección	93	km/h
Potencia max a la rueda	42,2	hp
Par máximo	185,0	Nm
Par máximo a correspondientes a	52	km/h
correspondientes a	1828	rpm
Presión turbo max	0	mbar
Presión turbo max a correspondientes a	52	km/h
correspondientes a	1828	rpm
Lambda max	0	
Lambda max a correspondientes a	52	km/h
correspondientes a	1828	rpm
Velocidad punta	115	km/h
Número de RPM máximas	4052	rpm

Figura III.1 Prueba # 1 diésel Premium

SWEEP TEST



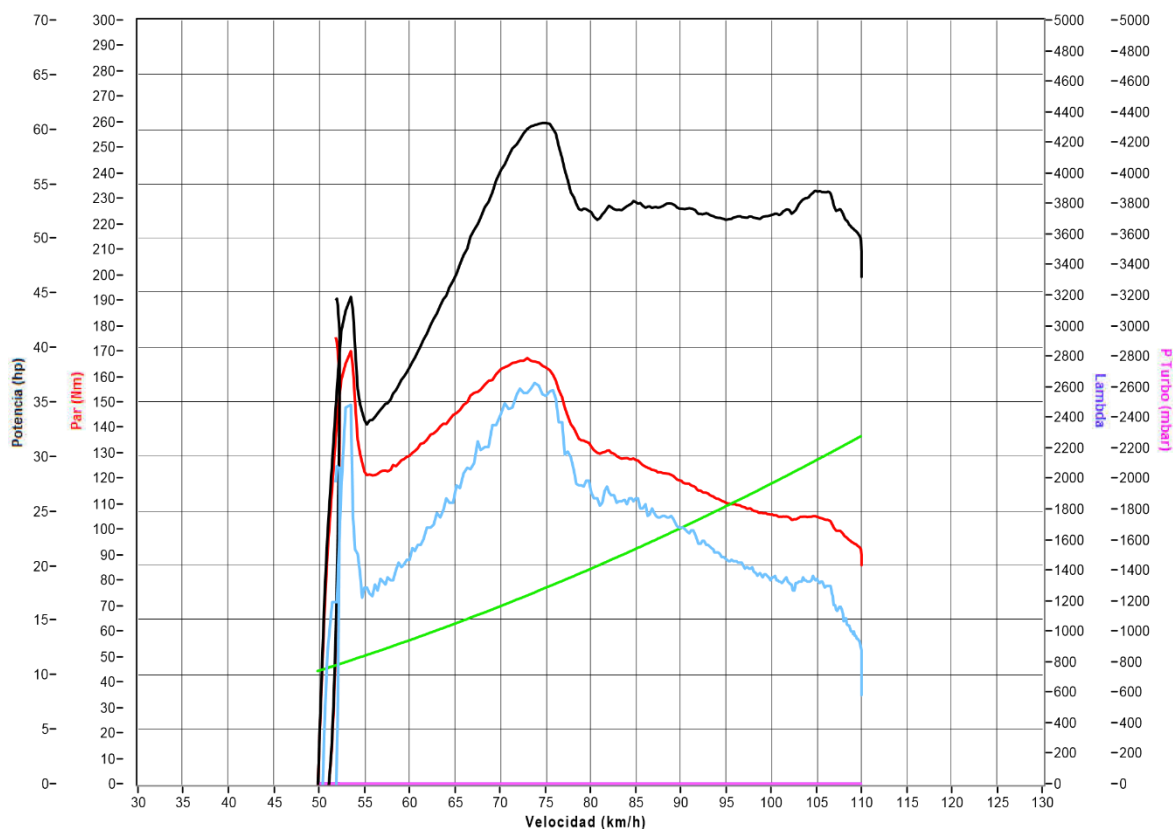
Fecha prueba	18/06/19 - 09:42:17
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	22
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_094217.dat
Note	

● Potencia al cigüeña	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	71,2	hp
Potencia max a correspondientes a	3377	rpm
corregido por	96	km/h
factor de corrección	ISO 1585	
Potencia max a la rueda	1,000	
Par máximo	40,1	hp
Par máximo a correspondientes a	186,0	Nm
correspondientes a	54	km/h
Presión turbo max	1890	rpm
Presión turbo max a correspondientes a	0	mbar
Lambda max	51	km/h
Lambda max a correspondientes a	1792	rpm
Velocidad punta	0	
Número de RPM máximas	51	km/h
	1792	rpm
	109	km/h
	3816	rpm

Figura III.2 Prueba # 2 diésel Premium

SWEEP TEST

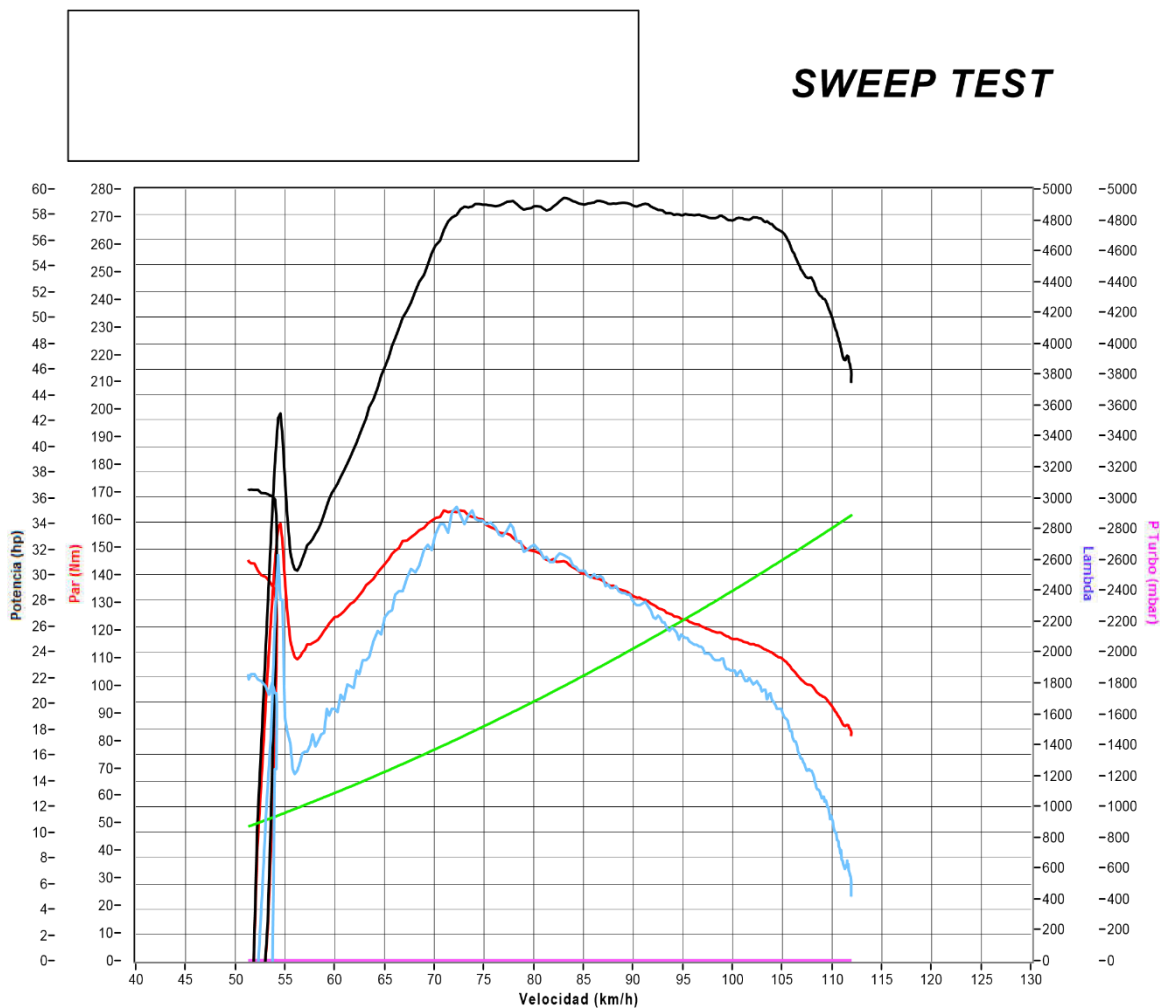


Fecha prueba	18/06/19 - 09:43:45
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	22
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_094345.dat
Note	

● Potencia al cigüeña	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	60,6	hp
Potencia max a correspondientes a corregido por	2639	rpm
factor de corrección	75	km/h
Potencia max a la rueda	1,000	ISO 1585
Par máximo	36,7	hp
Par máximo a correspondientes a	175,0	Nm
Presión turbo max	51	km/h
Presión turbo max a correspondientes a	1798	rpm
Lambda max	0	mbar
Lambda max a correspondientes a	51	km/h
Velocidad punta	1798	rpm
Número de RPM máximas	110	km/h
	3864	rpm

Figura III.3 Prueba # 3 diésel Premium



Fecha prueba	18/06/19 - 09:45:12
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	23
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_094512.dat
Note	

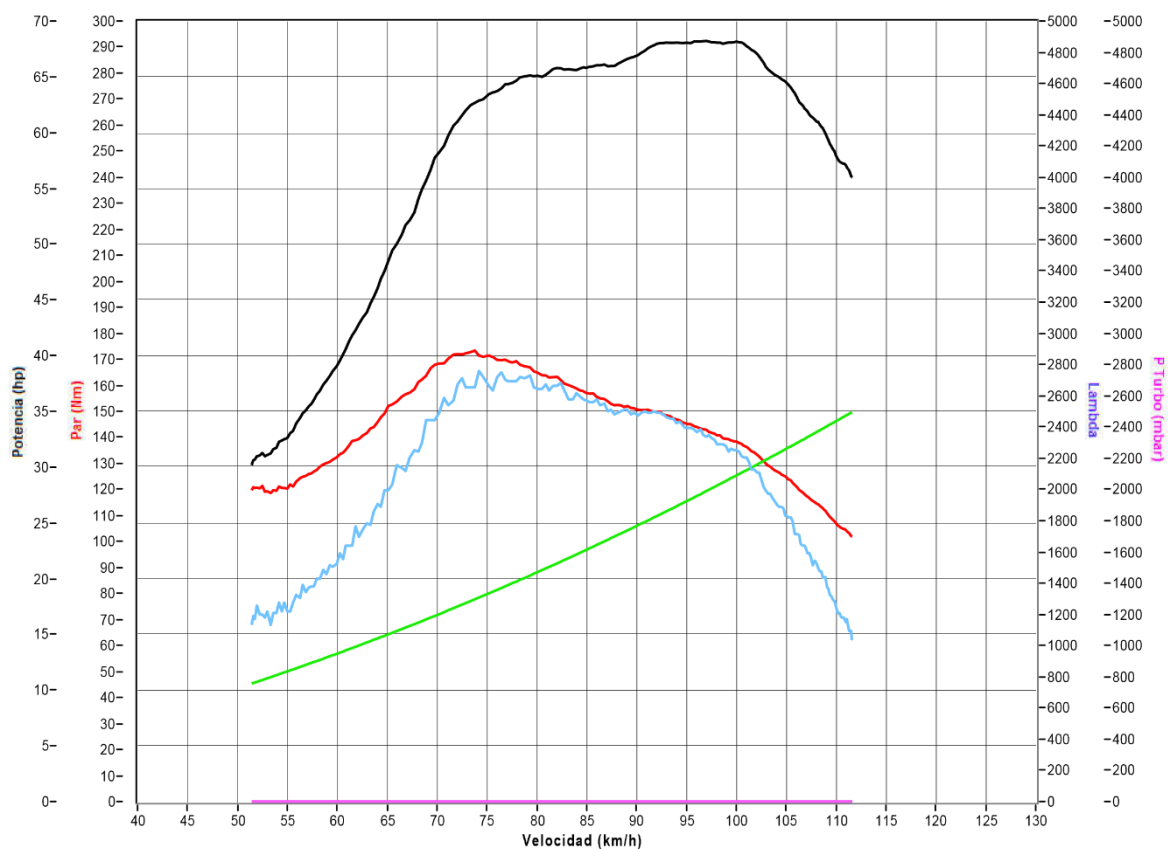
● Potencia al cigüeñal	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presión turbo

Potencia max motor	59,3	hp
Potencia max a correspondientes a	2913	rpm
corregido por	83	km/h
factor de corrección	1,000	
Potencia max a la rueda	35,3	hp
Par máximo	163,0	Nm
Par máximo a correspondientes a	71	km/h
Presión turbo max	2477	rpm
Presión turbo max a correspondientes a	0	mbar
Lambda max	51	km/h
Lambda max a correspondientes a	1790	rpm
Velocidad punta	0	
Número de RPM máximas	51	km/h
	1790	rpm
	112	km/h
	3932	rpm

Figura III.4 Prueba # 4 diésel Premium



SWEEP TEST



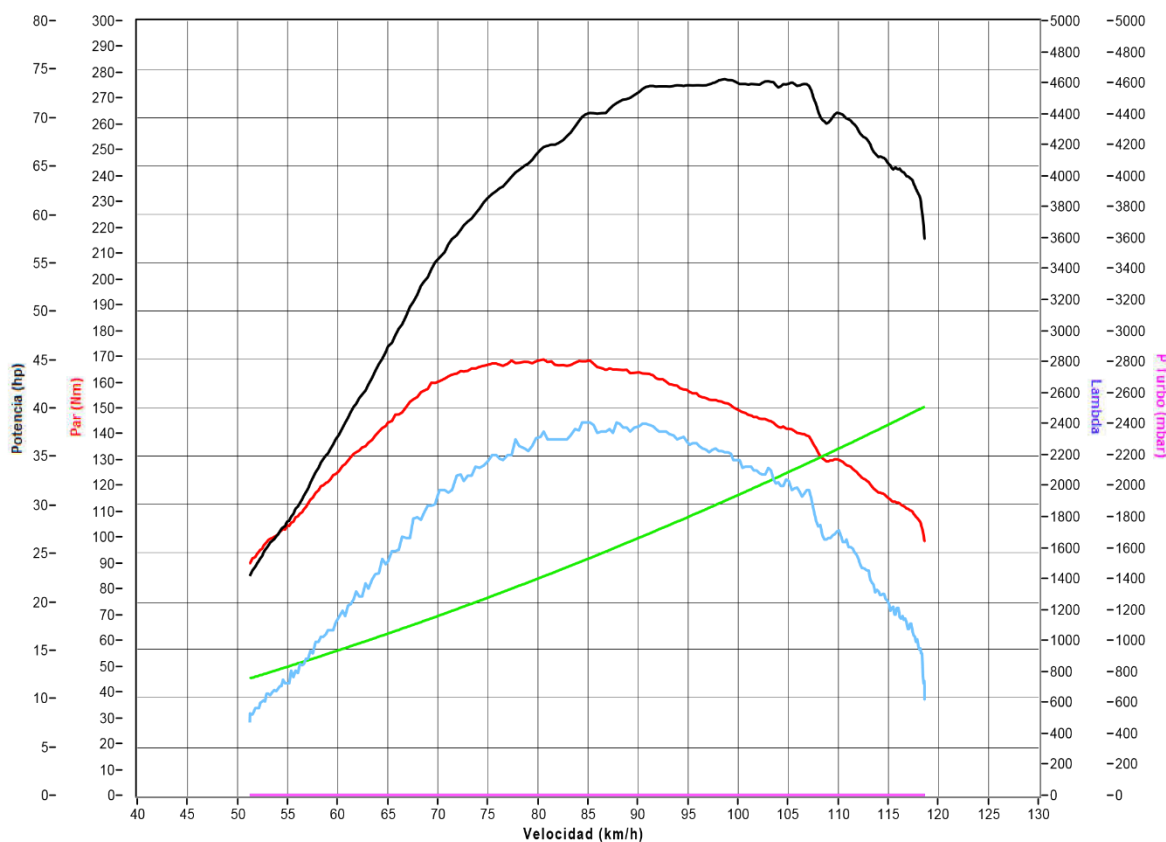
Fecha prueba	18/06/19 - 09:48:35
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	23
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_094835.dat
Note	

● Potencia al cigüeña	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presión turbo

Potencia max motor	68,2	hp
Potencia max a correspondientes a	3401	rpm
corregido por	97	km/h
factor de corrección	1,000	
Potencia max a la rueda	38,6	hp
Par máximo	173,0	Nm
Par máximo a correspondientes a	73	km/h
correspondientes a	2575	rpm
Presión turbo max	0	mbar
Presión turbo max a correspondientes a	51	km/h
correspondientes a	1796	rpm
Lambda max	0	
Lambda max a correspondientes a	51	km/h
correspondientes a	1796	rpm
Velocidad punta	112	km/h
Número de RPM máximas	3919	rpm

Figura III.5 Prueba # 5 diésel Premium

SWEEP TEST



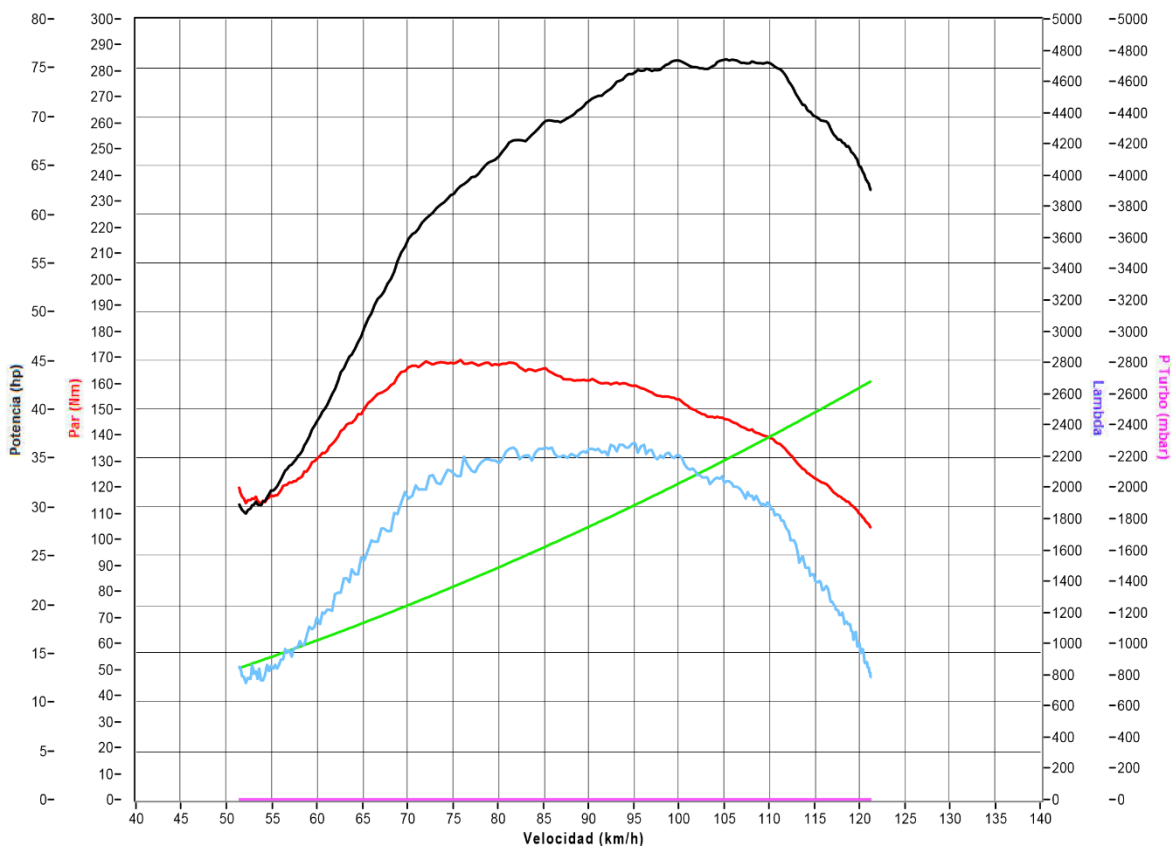
Fecha prueba	18/06/19 - 09:49:52
Modelo vehiculo	bt50
Matricula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	24
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_094952.dat
Note	

● Potencia al cigüeñal	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	73,9	hp
Potencia max a correspondientes a	3468	rpm
corregido por	99	km/h
factor de corrección	ISO 1585	
Potencia max a la rueda	1,000	
Par máximo	38,5	hp
Par máximo a correspondientes a	169,0	Nm
Presión turbo max	81	km/h
Presión turbo max a correspondientes a	2826	rpm
Lambda max	0	mbar
Lambda max a correspondientes a	51	km/h
Velocidad punta	1793	rpm
Número de RPM máximas	0	
	51	km/h
	1793	rpm
	119	km/h
	4166	rpm

Figura III.6 Prueba # 1 biodiésel B5

SWEEP TEST



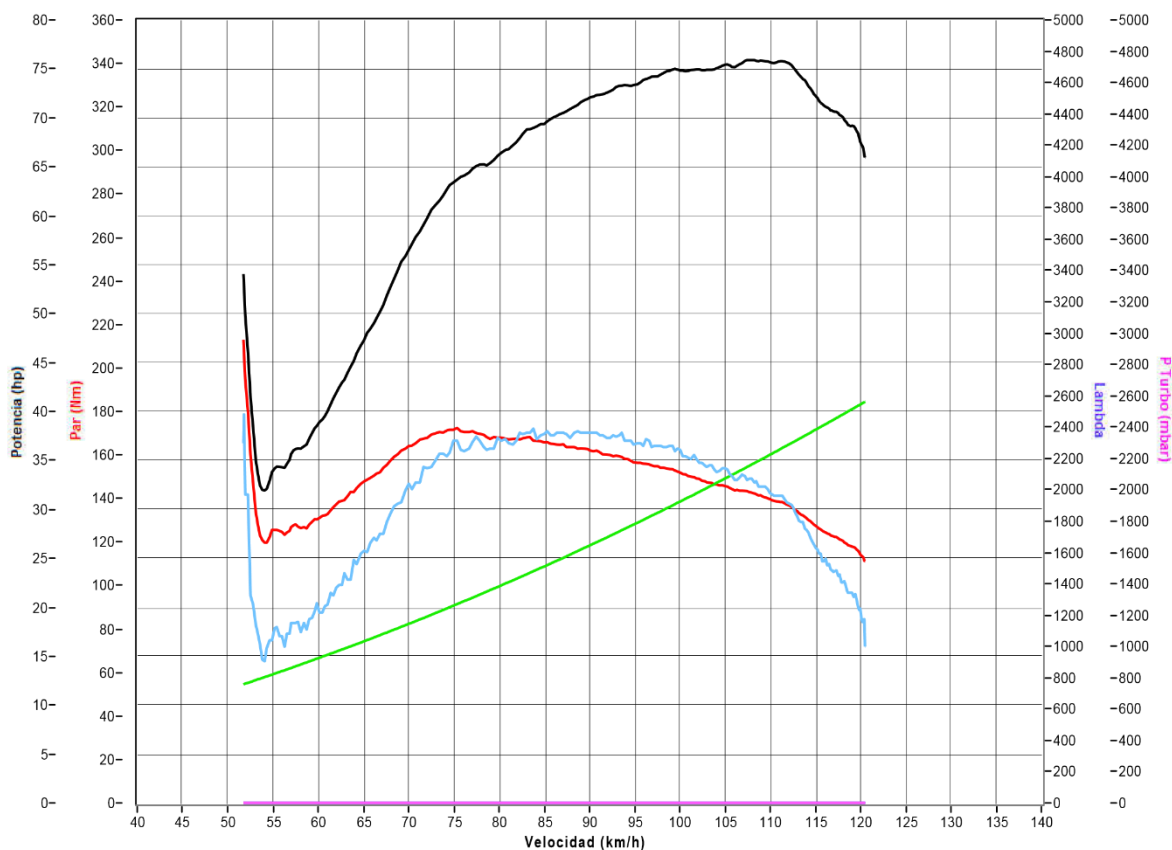
Fecha prueba	18/06/19 - 11:26:30
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	24
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_112630.dat
Note	

● Potencia al cigüeña	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	75,8	hp
Potencia max a correspondientes a	3697	rpm
corregido por ISO 1585	105	km/h
factor de corrección	1,000	
Potencia max a la rueda	36,5	hp
Par máximo	169,0	Nm
Par máximo a correspondientes a	76	km/h
correspondientes a	2650	rpm
Presión turbo max	0	mbar
Presión turbo max a correspondientes a	51	km/h
correspondientes a	1797	rpm
Lambda max	0	
Lambda max a correspondientes a	51	km/h
correspondientes a	1797	rpm
Velocidad punta	121	km/h
Número de RPM máximas	4259	rpm

Figura III.7 Prueba # 2 biodiésel B5

SWEEP TEST



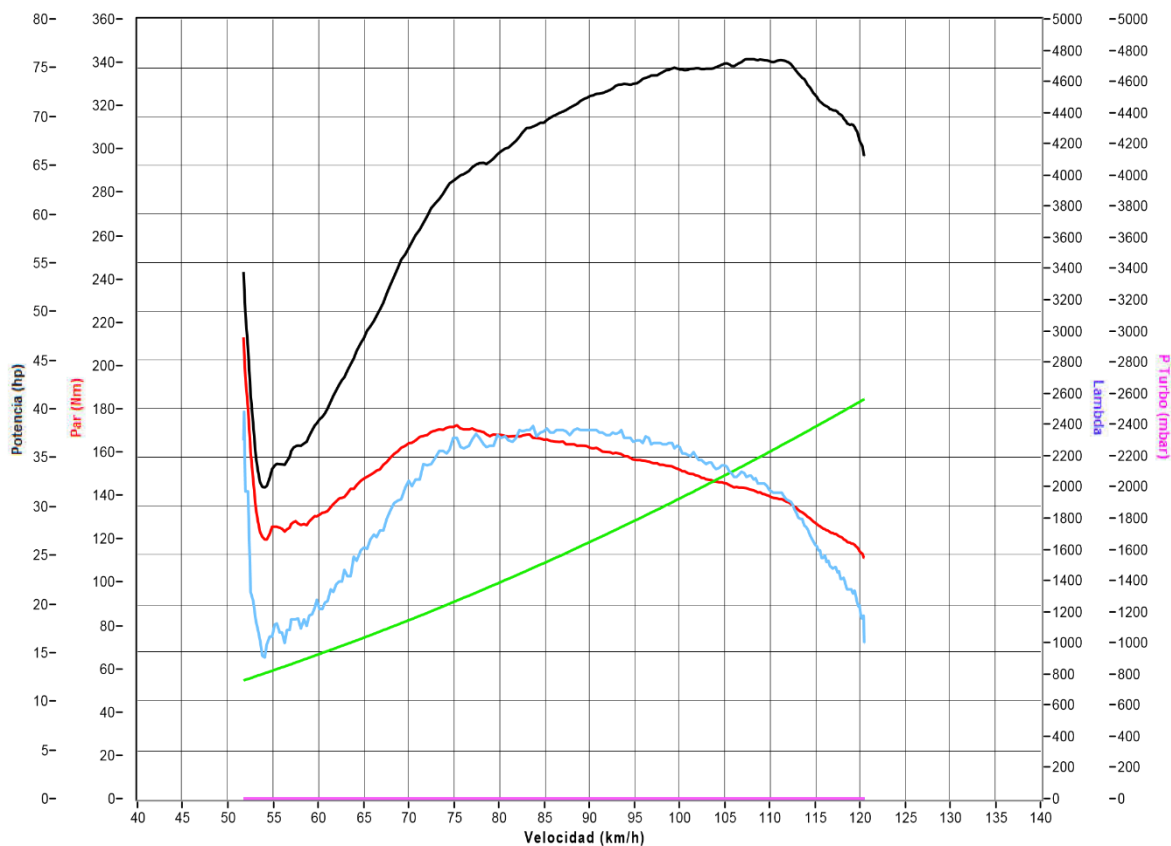
Fecha prueba	18/06/19 - 11:29:07
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	24
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_112907.dat
Note	

● Potencia al cigüeña	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	75,9	hp
Potencia max a correspondientes a	3769	rpm
corregido por	107	km/h
ISO 1585		
factor de corrección	1,000	
Potencia max a la rueda	39,7	hp
Par máximo	213,0	Nm
Par máximo a correspondientes a	52	km/h
correspondientes a	1808	rpm
Presión turbo max	0	mbar
Presión turbo max a correspondientes a	52	km/h
correspondientes a	1808	rpm
Lambda max	0	
Lambda max a correspondientes a	52	km/h
correspondientes a	1808	rpm
Velocidad punta	121	km/h
Número de RPM máximas	4233	rpm

Figura III.8 Prueba # 3 biodiésel B5

SWEEP TEST



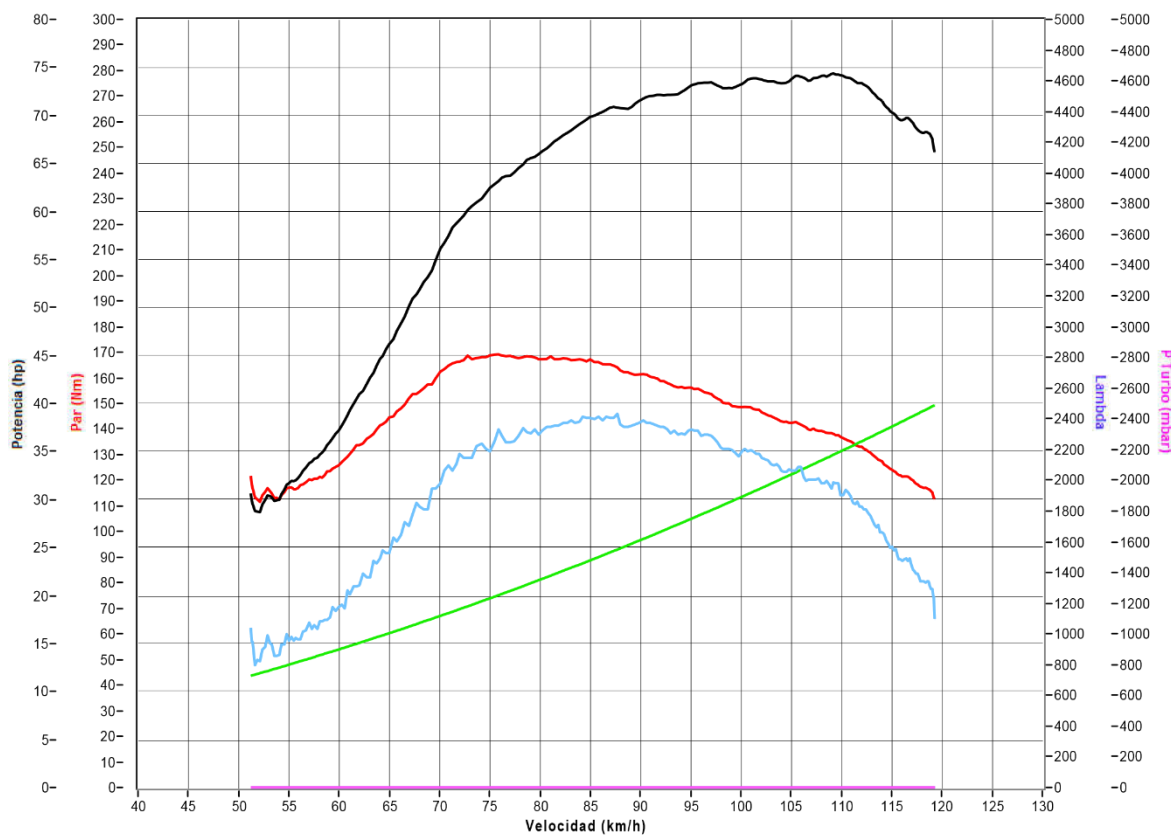
Fecha prueba	18/06/19 - 11:29:07
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	24
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_112907.dat
Note	

● Potencia al cigüeña	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	75,9	hp
Potencia max a correspondientes a	3769	rpm
corregido por	107	km/h
factor de corrección	ISO 1585	
Potencia max a la rueda	1,000	
	39,7	hp
Par máximo	213,0	Nm
Par máximo a correspondientes a	52	km/h
Presión turbo max	1808	rpm
Presión turbo max a correspondientes a	0	mbar
Lambda max	52	km/h
Lambda max a correspondientes a	1808	rpm
Velocidad punta	121	km/h
Número de RPM máximas	4233	rpm

Figura III.9 Prueba # 4 biodiésel B5

SWEEP TEST



Fecha prueba	18/06/19 - 11:30:29
Modelo vehículo	bt50
Matrícula	IAK 0817
Cliente	DIANA BARRIGA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2500
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	24
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	190618_113029.dat
Note	

● Potencia al cigüeñal	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	74,4	hp
Potencia max a correspondientes a corregido por ISO 1585	3836	rpm
factor de corrección	109	km/h
Potencia max a la rueda	1,000	
Par máximo	38,9	hp
Par máximo a correspondientes a	169,0	Nm
correspondientes a	76	km/h
Presión turbo max	2659	rpm
Presión turbo max a correspondientes a	0	mbar
Lambda max	51	km/h
Lambda max a correspondientes a	1793	rpm
Velocidad punta	0	
Número de RPM máximas	51	km/h
	1793	rpm
	119	km/h
	4190	rpm

Figura III.10 Prueba # 5 biodiésel B5

ANEXO IV

PREPARACIÓN DE EQUIPOS



Figura IV.1 Conexión de mangueras



Figura IV.2 Calibración equipo Brain Bee

ANEXO V

MEDICIÓN DE GASES DE ESCAPE



Figura V.1 Prueba #1 diésel Premium



Figura V.2 Prueba #2 diésel Premium



Figura V.3 Prueba #3 diésel Premium



Figura V.4 Prueba #1 biodiésel B5



Figura V.5 Prueba #2 biodiésel B5



Figura V.6 Prueba #3 biodiésel B5