

# Evaluación del funcionamiento del motor diésel electrónico con el uso de biodiésel a base de aceite de higuera con mezcla B10

## EVALUATION OF THE OPERATION OF THE ELECTRONIC DIESEL ENGINE WITH THE USE OF BIODIESEL BASED ON CASTOR OIL WITH B10 MIXTURE

F. Mateo Arboleda. G

### Resumen

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un biocombustible a base de aceite de higuera para la ejecución de diferentes pruebas a realizarse dentro de un motor diésel electrónico o CRDi con la finalidad encontrar diferencias dentro del desempeño del motor, mediante la utilización de un dinamómetro se desarrollan pruebas de potencia y torque al momento de que este trabaje con diésel y con el biodiésel B10. De la misma forma se realizan pruebas de emisiones de gases de escape con el ciclo IM240 que es una simulación de un recorrido urbano con el cual nos permite obtener el consumo de combustible. Con los resultados obtenidos se hace una comparación con nacionales e internacionales y determinar si existe una variación en la producción de las emisiones, que son producto de la combustión y afectan a la salud de las personas y contaminan el aire de las ciudades contribuyendo al calentamiento global.

**Palabras Clave:** Biodiésel; Higuera, Glicerina, Transesterificación, Ph, Hollín, Hidrocarburo, Emisiones.

### Abstract

This Project has the aim to develop a biofuel made of "higuera" oil for the execution of different tests to be performed within an electronic diesel engine or CRDi, in order to find differences in the performance engine, by using a dynamometer tests are developed of power and torque when it Works with diesel and biodiesel B10. In the same way, tests of exhaust gas emissions are carried out with the

IM240 cycle, which is a simulation of an urban route in which it allows us to obtain fuel consumption. With the results obtained, a comparison between national and international norms and determine if there's a variation in emissions production, which are the product of combustion and affect the health of people and pollute the air, contributing to global warming.

**Keywords:** Biodiesel; Higuera, Glycerin, Transesterification, Ph, Soot, Hydrocarbon, Emissions.

### 1. Introducción

Últimamente el mundo está tratando de luchar contra el calentamiento global que se ha venido produciendo por las emisiones de gases contaminantes que generan las máquinas de combustión interna, debido a que un motor nunca trabaja en condiciones óptimas, dando como resultado dichas partículas que afectan directamente a los seres vivos. El resultado de una mala inflamación del combustible produce los siguientes gases: monóxidos de nitrógeno, dióxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, monóxidos de carbono, entre otros.

La contaminación producida por los gases de escape afecta el aire, el agua generando que la luz solar pase a través de la nube de gases que están sobre las ciudades y no salga provocando el efecto invernadero, como consecuencia no permite que el agua se evapore con normalidad

lo que reduce notablemente la cantidad de lluvia que se tendrá en el año. El agua que se logra evaporarse sube a la atmósfera, este vapor se condensa y retorna al suelo en forma de lluvia, pero esta al regresar ya no es pura debido a que está mezclada con los gases contaminantes y además tiene que atravesar una nube de contaminación que rodean a las ciudades; produciéndose así lluvias ácidas que queman a las plantas, erosiona el suelo y contaminan los ríos, lagunas y el agua potable para nuestro consumo diario.

## 2. Metodología

### 2.1 Proceso de obtención del biodiésel

El biocombustible se lo desarrolla a partir de aceite de higuera o ricino, dentro del proceso de elaboración del biodiésel se empieza por asignar las cantidades de los elementos a utilizar que son el metanol, hidróxido de sodio y el aceite de higuera. Una vez obtenido las cantidades de cada material; se procede a disolver en el metanol y el NaOH en un vaso volumétrico utilizando un agitador.

Una vez realizada esta disolución de los dos elementos se procede a comprobar en un tubo de ensayo con el reactor fenolftaleína, que la disolución presente un color rosado intenso con lo cual se comprueba que el pH de la disolución está en perfectas condiciones, según el principio de química analítica. Otra forma de comprobar el pH de la disolución es con un medidor de pH, este debe dar un valor de 11 y es representado por el color azul. (Ramos, 2016)

El reactor debe trabajar a una temperatura entre 45° y 55° centígrados; el aceite y el metóxido de sodio deben estar agitados de 3000 a 3500 rpm durante un lapso de tres horas para que el proceso de esterificación se cumpla con normalidad. (Ramos, 2016)

Una vez realizada la separación de la glicerina del biocombustible se debe separar esta en envases diferentes, y empezar con el proceso de lavado del biocombustible. El pH que se obtiene después de la reacción es de 9, para que

el biodiésel esté listo para el uso, este tiene que tener un pH de 7 a 7.5 (Ramos, 2016).

El lavado del biocombustible se lo hace con la finalidad de reducir su alcalinidad, se reduce su pH al punto de que se lo pueda utilizar ya sea en B100 o Bx, de acuerdo a los diferentes usos que se los quiera dar. Dentro del proceso de lavado, el biocombustible reacciona saponificándose, mediante la decantación este se separa y queda la producción real. Para extraer pequeñas moléculas de agua que se adquiere durante este proceso, se lo calienta; el pH final es 7 a 7.5; finalizado el proceso se puede envasar y está listo para realizar análisis químicos.

### 2.2 Prueba de emisión de gases

Para obtener los resultados de los gases contaminantes que emana el vehículo, se empieza ubicando en el dinamómetro, siguiendo los parámetros de seguridad establecidas por el laboratorio, se ancla al automóvil correctamente para evitar algún tipo de accidente durante el tiempo de prueba. Posteriormente se desconectan las mangueras de entrada y retorno de combustible y se lo conecta a un tanque alterno con el cual se realizan las pruebas de consumo, emisiones, torque, potencia

A continuación, se presenta la figura 1, la cual es la gráfica del ciclo IM240, que un segmento seleccionado del ensayo federal 75 (FTP-75), que es un ciclo de prueba; este se utiliza para la ejecución de pruebas de laboratorio que permite conocer cuáles son las emisiones de gases de los vehículos ligeros y obtener cual es el consumo urbano que está generando el automóvil.

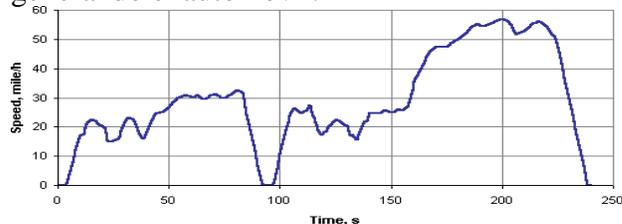


Figura 1 Ciclo de Conducción IM240

Fuente: (Miller, 2016)

El ciclo de conducción IM240, se realiza en un tiempo de duración 240 segundos con una distancia de 1,96 millas (3,1 km) con una velocidad media de 29,4 millas / h (47,3 km/h) y una velocidad máxima de 56,7 millas / h (91,2 km/h); del cual se obtiene la cantidad de gases contaminantes del motor. (Miller, 2016) Para el desarrollo de todas las pruebas se empieza subiendo al vehículo al dinamómetro, a continuación, siguiendo los parámetros de seguridad establecidas por el laboratorio, se ancla al automóvil correctamente para evitar algún tipo de accidente. Mediante el programa Eurosystem, el cual permite simular el ciclo de conducción IM240, se puede efectuar las pruebas de emisiones y consumo de combustible, culminadas las pruebas se consiguen los datos de los gases contaminantes y los datos del consumo que el motor generó durante todo el ciclo, posteriormente se realiza la tabulación para la obtención los factores de emisión y la cantidad de combustible; esto se lo debe hacer para cada prueba efectuadas en el vehículo.

### 2.2.1 Resultados de emisiones con diésel

Los factores de emisión con el diésel como combustible se consiguen mediante el desarrollo de cinco pruebas, las cuales utilizan el ciclo IM240 para la elaboración de estas, permitiendo obtener datos de los gases emanados a diferentes revoluciones del motor; cada prueba realizada da un resultado diferente que al final se hace un promedio general entre los resultados de cada prueba para tener un índice de tolerancia.

**Tabla 1 factores de emisión con diésel**

PRUEBAS	FCO[g/Km]	FHC[g/Km]	FNOx[g/Km]
1	7,390	0,302	1,024
2	0,138	0,000	0,195
3	0,044	0,030	0,247
4	0,029	0,046	0,178
5	0,041	0,068	0,316
Promedio Total	1,528	0,089	0,392

En la tabla 1 se observan los datos obtenidos de diferentes gases de escape de cada una de las

pruebas y su promedio total, el monóxido de carbono (CO) presenta un promedio de 1,528; el monóxido de nitrógeno presenta un promedio de 0,392 y los hidrocarburos presentan un promedio de 0,089; estos tres gases son los más contaminantes que se originan después de la combustión.

Los resultados de cada prueba realizada con diésel se observa la formación de CO, HC y NOx; si se compara cada uno de los resultados obtenidos ante la norma nacional e internacional se comprueba que el vehículo cumple fácilmente los estándares nacionales y alcanza a nivel internacional la norma EURO 4

### 2.2.2 Resultados de emisiones con biodiésel

Culminadas las pruebas con el diésel se procede a realizarlo con el biodiésel (B10), siguiendo los mismos parámetros con las que se efectuaron las pruebas anteriores. Finalizado el proceso de trabajo del motor con el biocombustible, se hace un promedio entre los resultados de las cinco pruebas para tener un índice de tolerancia.

**Tabla 2 Factores de emisión con biodiésel**

PRUEBAS	FCO[g/Km]	FHC[g/Km]	FNOx[g/Km]
1	0,019	0,028	0,178
2	0,005	0,007	0,100
3	0,006	0,009	0,199
4	0,005	0,008	0,199
5	0,006	0,009	0,364
Promedio Total	0,008	0,012	0,208

En la tabla 2 se presenta los datos obtenidos de diferentes gases de escape obtenidos con el promedio total en el cual monóxido de carbono (CO) presenta un promedio de 0,008; el monóxido de nitrógeno presenta un promedio de 0,012 y los hidrocarburos presentan un promedio de 0,208; estos tres gases son los más contaminantes que se originan después de la combustión.

Los resultados de cada prueba realizada con biodiésel (B10) se observa la formación de CO, HC y NOx; si se compara cada una de las pruebas obtenidas con la norma nacional e

internacional se comprueba que el vehículo cumple fácilmente los estándares nacionales y alcanza a nivel internacional la norma EURO5.

### 2.3 Consumo de combustible

Las pruebas del consumo de combustible van a la par con las pruebas de emisiones, posteriormente se desconectan las mangueras de entrada y retorno de combustible propias del vehículo, culminada esta operación se conectan mangueras auxiliares a un tanque alterno a los conductos de entrada y retorno del combustible para la realización de las pruebas. En el depósito externo se colocan cinco litros de combustible antes de empezar cada una de las pruebas, al finalizar estas se retira el combustible sobrante y se procede a realizar las mediciones del consumo.

#### 2.3.1 Consumo con diésel

Después cada prueba realizada con el diésel, se obtiene los datos del consumo en km/Lt, los cuales permiten evidenciar el gasto que genera el vehículo al usar este combustible, cabe recalcar que los datos que se obtiene del consumo se da en la distancia establecida por el ciclo de conducción IM240 que es de 3,1 km.

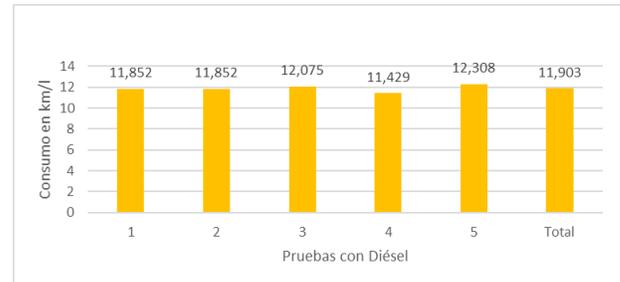
**Tabla 3 Consumo de combustible con diésel**

Pruebas	CONSUMO en km/l
1	11,852
2	11,852
3	12,075
4	11,429
5	12,308
<b>Promedio Total</b>	<b>11,903</b>

La tabla 3, muestra el consumo que se obtiene durante cada una de las pruebas realizadas con el diésel en el cual se evidencia que hay una variación fluctuante de un 4% del resultado menor hasta el resultado mas alto que es el de la prueba 5.

La figura 2, muestra el consumo generado durante cada una de las pruebas al momento que el vehículo trabaja con diésel, permitiendo evidenciar que las pruebas 3 y 5 presentan un gasto mayor de combustible mientras que las pruebas 1, 2 y 4 presentan un gasto menor que

las pruebas anteriores; al final se muestra un promedio total el cual utilizaremos para el desarrollo de comparación.



**Figura 2 Grafica del consumo con diésel**

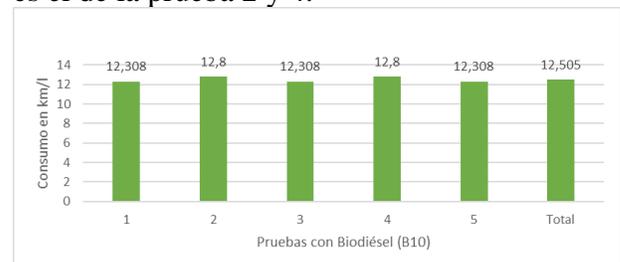
#### 2.3.2 Consumo con biodiésel

Culminadas las pruebas con el diésel se procede a realizarlo con el biodiésel (B10), siguiendo los mismos parámetros con las que se efectuaron las pruebas anteriores. Finalizado las pruebas de consumo con el biocombustible, se hace un promedio entre los resultados de las cinco pruebas para tener un índice de tolerancia.

**Tabla 4 Consumo de combustible con biodiésel**

Pruebas	CONSUMO en km/l
1	12,308
2	12,800
3	12,308
4	12,800
5	12,308
<b>Promedio Total</b>	<b>12,505</b>

La tabla 4, muestra el consumo que se obtiene durante cada una de las pruebas realizadas con el biodiésel (B10) en el cual se evidencia que hay una variación fluctuante de un 4% del resultado menor hasta el resultado más alto que es el de la prueba 2 y 4.



**Figura 3 Grafica del consumo con biodiésel**

La figura 3, muestra el consumo generado durante cada una de las pruebas al momento que el vehículo trabaja con biodiésel, permitiendo evidenciar que las pruebas 2 y 4 presentan un gasto mayor de combustible mientras que las pruebas 1, 3 y 5 presentan un gasto menor que las pruebas anteriores; al final se muestra el promedio total con el que trabajaremos.

## 2.4 Pruebas de Torque y Potencia

Para iniciar las pruebas de obtención de los datos de potencia y torque, se empieza subiendo al vehículo al dinamómetro, a continuación siguiendo los parámetros de seguridad establecidas por el laboratorio, se ancla al automóvil correctamente; el banco dinamométrico esta calibrado con la norma SAE J1349. Las pruebas se realizan con cada uno de los combustibles, al igual se aplican cinco pruebas de las cuales se adquieren diferentes datos para la posterior tabulación y el desarrollo de las gráficas de potencia y torque. Todos estos procedimientos se los realizó con la utilización de un depósito de combustible externo al del vehículo de prueba. Durante el desarrollo de las pruebas de torque y potencia influyen diferentes parámetros como la temperatura del aire aspirado, la humedad relativa del aire, la temperatura del combustible, la temperatura del aceite del motor entre, otros; estos factores harán variar los resultados finales de cada una de las pruebas. Para evitar esta variación excesiva se realizan diferentes pruebas con cada combustible para disminuir el margen de error. La figura 27, muestra una de las pruebas de potencia obtenidas con el dinamómetro en la cual se muestra los parámetros que se toman durante el desarrollo de las mismas.

La tabla 5, muestra la potencia y el torque motor, a diferentes rpm empezando desde las 1400 y llegando al máximo en las 3500; en la misma se puede evidenciar el valor más alto de la potencia que es de 114,1 hp se genera a las 3500 rpm; y el valor más alto del torque que es 243,81 lb-ft el cual se genera a las 1700 rpm;

mediante esta tabla se desarrollan de las curvas del motor cuando este trabaja con diésel como combustible.

### 2.4.1 Resultado con diésel

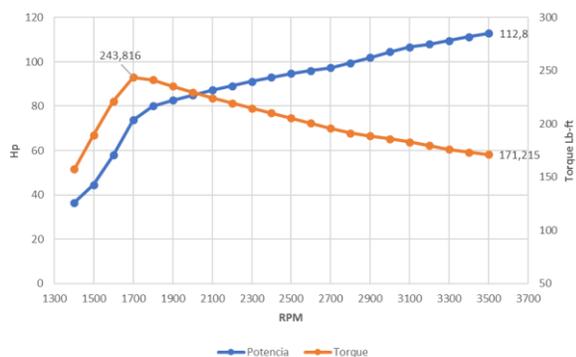
Finalizadas las pruebas en el vehículo con diésel como combustible, se procede a la tabulación de los datos emitidos por el dinamómetro, para la realización de las curvas características de la potencia motor y del torque, la cual se rige a los diferentes regímenes del motor; posteriormente los resultados obtenidos se comparan con los datos generados con el biocombustible, y así poder evidenciar si existe una variación de la misma.

**Tabla 5 Datos de Potencia y Torque con diésel**

RPM	Potencia (Hp)	Torque (Lb-ft)
1400	41,94	157,335
1500	54,14	189,562
1600	67,45	221,405
1700	78,92	243,816
1800	82,7	241,300
1900	85,2	235,511
2000	87,46	229,670
2100	89,74	224,435
2200	91,92	219,438
2300	94,04	214,738
2400	96,02	210,124
2500	97,78	205,416
2600	99,36	200,707
2700	100,6	195,686
2800	102,06	191,435
2900	104,2	188,710
3000	106,26	186,026
3100	108	182,973
3200	109,44	179,618
3300	110,68	176,149
3400	112,3	173,470
<b>3500</b>	<b>114,1</b>	<b>171,215</b>

De acuerdo con la figura 4, se observa que el torque máximo llega a su punto más elevado a las 1700 rpm con una fuerza de 243,81 lb-ft, el pico máximo del torque se produce debido a que el motor está transmitiendo una fuerza hacia el tren alternativo para que este mantenga un movimiento constante; desde las 1700 a las 3500 rpm donde culmina la prueba el torque

disminuye paulatinamente y logra una fuerza final de 171,215 lb-ft; debido a que todos los elementos han absorbió toda la energía producida por el combustible. La potencia parte de las 1400 rpm y llega al máximo a las 3500 rpm dando una potencia inicial de 36,5 Hp y una potencia final de 114,1 Hp, el fin de la potencia se da cuando se produce el corte de combustible en el vehículo.



**Figura 4 Curvas de potencia y torque con diésel**

### 2.4.2 Resultados con biodiésel

Durante el desarrollo de las pruebas de torque y potencia influyen diferentes parámetros como la temperatura del aire aspirado, la humedad relativa del aire, la temperatura del combustible, la temperatura del aceite del motor entre, otros; estos factores harán variar los resultados finales de cada una de las pruebas. Para evitar esta variación excesiva se realizan diferentes pruebas con cada combustible para disminuir el margen de error. La figura 27, muestra una de las pruebas de potencia obtenidas con el dinamómetro en la cual se muestra los parámetros que se toman durante el desarrollo de las mismas.

La tabla 5, muestra la potencia y el torque motor, a diferentes rpm empezando desde las 1400 y llegando al máximo en las 3500; en la misma se puede evidenciar el valor más alto de la potencia que es de 114,1 hp se genera a las 3500 rpm; y el valor más alto del torque que es 243,81 lb-ft el cual se genera a las 1700 rpm; mediante esta tabla se desarrollan de las curvas

del motor cuando este trabaja con diésel como combustible.

Una vez terminadas las pruebas con el diésel se procede a realizarlas con el biodiésel (B10), finalizadas las pruebas se procede a la tabulación de los datos obtenidos, para realizar las curvas características de la potencia y del torque que posteriormente se compararan con los datos obtenidos con el diésel.

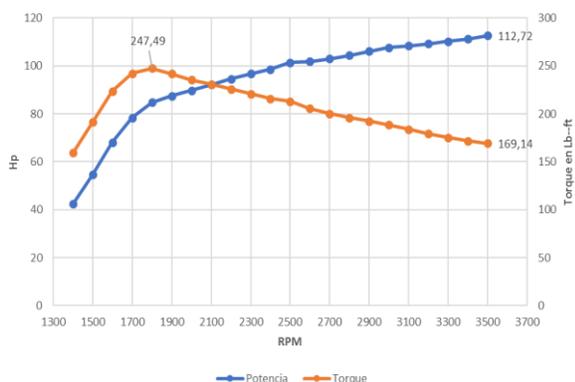
A continuación, se presenta la tabla 6, que muestra la potencia y el torque motor, a diferentes rpm empezando desde las 1400 y llegando al máximo en las 3500; mediante los datos de esta tabla se elaboran de las curvas del motor cuando este trabaja con biodiésel. En la misma se puede apreciar el valor más alto del torque que se da a las 1800 rpm con una fuerza de 247,49 lb-ft y la potencia máxima se da a las 3500 rpm con un resultado de 112,72 Hp.

**Tabla 6 Datos de Potencia y Torque con biodiésel**

RPM	Potencia (Hp)	Torque (Lb-ft)
1400	42,58	159,74
1500	54,64	191,31
1600	68,14	223,67
1700	78,42	242,27
1800	84,82	247,49
1900	87,46	241,76
2000	89,70	235,55
2100	92,22	230,64
2200	94,60	225,84
2300	96,70	220,81
2400	98,62	215,81
2500	101,36	212,94
2600	101,84	205,72
2700	103,00	200,35
2800	104,42	195,86
2900	106,14	192,22
3000	107,68	188,51
3100	108,46	183,75
3200	109,28	179,36
3300	110,26	175,48
3400	111,30	171,93
<b>3500</b>	<b>112,72</b>	<b>169,14</b>

De acuerdo con la figura 5, se aprecia que el torque máximo se alcanza a las 1700 rpm con una fuerza máxima producida de 247,49 lb-ft, se produce el pico máximo del torque debido a

que el combustible libera toda su energía en el tren alternativo hasta lograr un movimiento constante; desde las 1700 a las 3500 rpm el torque disminuye paulatinamente llegando a tener una fuerza de 169,14 lb-ft; debido a que el tren alternativo ya absorbió toda la fuerza necesaria producida por el combustible. La potencia parte de las 1400 rpm y llega al máximo a las 3500 rpm dando una potencia inicial de 42,58 hp y una potencia final de 169,14 hp.



**Figura 5** Curvas de potencia y torque con biodiésel

### 3. Resultados

#### 3.1 Comparación de Factores de emisión

Los factores de emisión son los gases emanados después de la combustión ya sea de los motores a gasolina o diésel, para la obtención de los factores se debe realizar mediante los ciclos establecidos por normas internacionales a las que nos regimos; para la obtención de estos factores de emisión se realizó mediante el ciclo IM240.

Realizando una comparación entre la producción total de los factores de emisión obtenido con diésel ante el factor de emisión obtenido con biodiésel, se nota claramente que con el uso de un biocombustible se reduce se la producción de estos. Con los datos que nos da la norma INEN 2 207:2008 y la normas EURO, se realiza la comparación de resultados entre la norma y la cantidad de gases contaminantes que producen los motores diésel. A continuación, presentaremos la tabla 7, con los

resultados obtenidos en la maquina analizadora y la norma nacional e internacional.

**Tabla 7** Resultados, Normas Nacionales e Internacionales

Normas	Particulas en g/km	
	FCO (MONÓXIDOS DE CARBONO)	FHC + FNOx (HIDROCARBUROS + MONÓXIDOS DE NITRÓGENO)
Norma 2 207:2008	0,64	0,56
Euro 3	0,64	0,56
Euro 4	0,5	0,3
Euro 5	0,5	0,23
Euro 6	0,5	0,17
Resultados Diésel	1,528	0,481
Resultados Biodiésel	0,008	0,22

#### 3.2 Comparación del Consumo

Para elaborar la comparación del consumo de combustible se recoge los datos totales de cada una de las pruebas realizadas, para poder evidenciar si se ha generado un incremento o disminución. A continuación, se muestra la tabla 8 con los datos del consumo del diésel y de la mezcla B10

**Tabla 8** Consumo en Km/l

Columna1	CONSUMO en km/l
<b>Diésel</b>	<b>11,903</b>
<b>Biodiésel (B10)</b>	<b>12,505</b>

Se puede evidenciar que el consumo aumenta moderadamente un 5% con el uso de biodiésel, este consumo se puede decir que es el consumo que se genera dentro de la ciudad, ya que el ciclo de prueba es el IM240, es la simulación de un ciclo de conducción urbano.

#### 3.3 Comparación de la Potencia

La potencia y el torque se los realiza con la norma SAE J1349, esta norma pretende proporcionar un método para obtener mediciones repetibles que reflejen con exactitud el rendimiento verdadero del motor durante cada prueba. (SAE, 2004).

la potencia, a diferentes rpm empezando desde las 1400 y llegando al máximo en las 3500; en la mismas se puede evidenciar el valor más alto de la potencia que es de 114,1 hp se genera a las 3500 rpm; mediante esta tabla se desarrollan las curvas del motor cuando este trabaja con diésel como combustible.

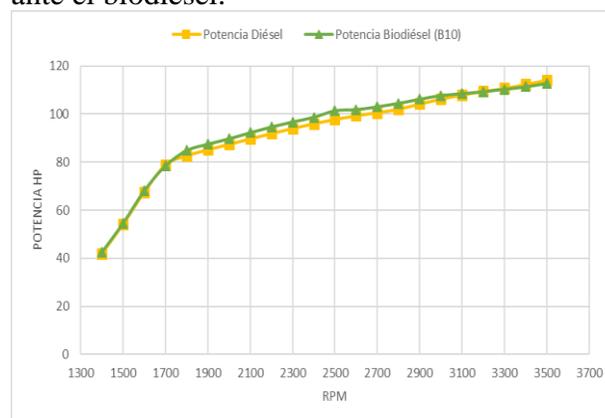
Para realizar una correcta comparación entre la potencia que se obtiene en el motor cuando trabaja con diésel o con el biodiésel (B10), se crea una tabla la cual permite comparar la potencia de acuerdo con las rpm a las que se encuentra el motor al momento de trabajar con cada combustible de prueba. A continuación, se presenta la tabla 9 que muestra cual es la potencia que se obtiene durante todo el ciclo de prueba con cada uno de los combustibles.

**Tabla 9 Potencia con Diésel y Biodiésel**

RPM	Potencia Diésel (Hp)	Potencia Biodiésel (B10) (Hp)
1400	41,94	42,58
1500	54,14	54,64
1600	67,45	68,14
1700	78,92	78,42
1800	82,7	84,82
1900	85,2	87,46
2000	87,46	89,7
2100	89,74	92,22
2200	91,92	94,6
2300	94,04	96,7
2400	96,02	98,62
2500	97,78	101,36
2600	99,36	101,84
2700	100,6	103
2800	102,06	104,42
2900	104,2	106,14
3000	106,26	107,68
3100	108	108,46
3200	109,44	109,28
3300	110,68	110,26
3400	112,3	111,3
<b>3500</b>	<b>114,1</b>	<b>112,72</b>

Se observa en la figura 6, se miran dos líneas que presentan la potencia generada por el diésel y la potencia generada por el biodiésel

(B10); permitiendo observar cual es la variación potencia a cada régimen de motor. Como muestra la figura no presenta variación notoria desde las 1400 rpm hasta las 1700 rpm, pero a partir de las 1700 rpm el biodiésel (B10) presenta un incremento del 2% en la potencia generada, hasta que se llega a equipararse con el diésel a las 3200 rpm. A partir de las 3200 rpm el diésel presenta un incremento de un 1% a comparación del biocombustible hasta llegar al pico máximo que son las 3500rpm presentando una variación porcentual de 1,21% ante el biodiésel.



**Figura 6 Potencia con diésel y biodiésel**

### 3.4 Comparación del Torque

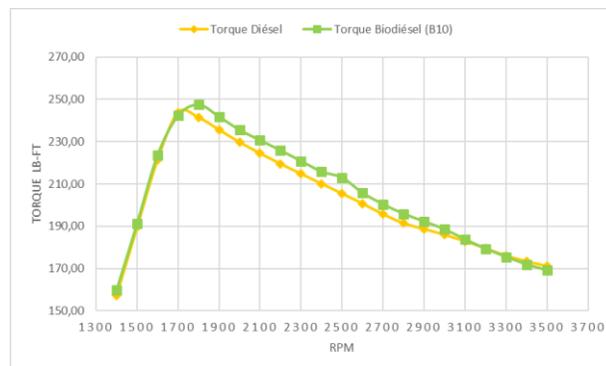
Realizando una comparación entre el torque que genera el motor cuando trabaja con diésel o con el biodiésel (B10), se realiza una tabla la cual permite comparar el torque de acuerdo con las rpm que tiene el motor al momento que trabaja con cada combustible de prueba. A continuación, se presenta la tabla 9 que muestra cual es el torque que se obtiene durante todo el ciclo de prueba con cada uno de los combustibles.

El torque máximo se obtiene a las 3500 rpm ya sea con el uso de diésel o biodiésel (B10), la variación del torque es mínima a simple vista y en ciertas partes el biodiésel trabaja de mejor forma que el diésel, en ciertos regímenes del motor. Realizando una gráfica con los resultados presentados se obtiene las siguientes curvas del torque y se puede apreciar de mejor manera los valores obtenidos.

**Tabla 10 Torque con Diésel y con Biodiésel**

RPM	Torque Diésel (Lb-Ft)	Torque Biodiésel (B10) (Lb-Ft)
1400	157,33	159,74
1500	189,56	191,31
1600	221,40	223,67
1700	243,82	242,27
1800	241,30	247,49
1900	235,51	241,76
2000	229,67	235,55
2100	224,44	230,64
2200	219,44	225,84
2300	214,74	220,81
2400	210,12	215,81
2500	205,42	212,94
2600	200,71	205,72
2700	195,69	200,35
2800	191,44	195,86
2900	188,71	192,22
3000	186,03	188,51
3100	182,97	183,75
3200	179,62	179,36
3300	176,15	175,48
3400	173,47	171,93
<b>3500</b>	<b>171,22</b>	<b>169,14</b>

La figura 8, muestra dos líneas que representan el torque generado por el diésel y el torque generado por el biodiésel (B10); permitiendo analizar cual es la variación del torque a cada régimen del motor. Como muestra la figura no presentan variación notoria desde las 1400 rpm hasta las 1700 rpm, pero a partir de las 1700 rpm el biodiésel (B10) presenta un incremento porcentual del 2.5% ante el comportamiento del diésel. A las 3200 rpm el torque que produce cada uno de los combustibles son similares, desde este régimen el diésel presenta una mejor respuesta ante el biocombustible hasta llegar al pico máximo que son las 3500 rpm presentando una variación porcentual de 1,21% ante el biodiésel.



**Figura 7 Torque con el uso de diésel y biodiésel**

#### 4. Conclusiones

- El consumo de combustible que se genera dentro del motor al usar el biodiésel presenta un incremento de 5,05% que equivale a 12,505 km/l, mientras el consumo con el diésel es de 11,903 km/l, generando un gasto mayor el biocombustible en el motor.
- La pérdida que se produce en el torque y la potencia con el biodiésel, al llegar a las 3500 rpm es de 1,21%, pero el biocombustible tiene un mejor rendimiento desde las 1700 rpm hasta las 3200 rpm en la cual sobrepasa los datos del diésel en un 2%.
- Mediante el análisis de gases realizado durante las pruebas, se demuestra que con el uso de biodiésel a base de aceite de higuera, se reducen los gases contaminantes, además permite alcanzar la norma EURO 5 a nivel internacional en la cual los límites máximos en la producción de CO son de 0,5 g/km y de HC+NOx son 0,23 g/km.
- Se comprueba que el biodiésel tiene un punto de inflamación de 72° C que es mucho más elevado que el del diésel el cual es de 51° C, con lo que produce retrasos al encendido y algunos problemas en el motor.

## Referencias

1. Acosta, A. (2012). *Biocombustibles*. ANI - Academia Nacional de Ingeniería.
2. Aficionados a la Mecánica. (2014). *Inyectores sistema common Rail*. Obtenido de [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail5.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail5.htm)
3. Alejandro, C. d. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO*. Obtenido de <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf>
4. Almeida, D. (24 de Septiembre de 2015). *tipos de dinamómetros*. Obtenido de <http://documents.mx/documents/tipos-de-dinamometros-automotrices.html>
5. BENAVIDES, A., BENJUMEA, P., & PASHOVA, V. (2007). EL BIODIESEL DE ACEITE DE HIGUERILLA COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA MOTORES DIESEL. *DYNA*.
6. BOSCH. (2010). *Elementos del sistema CRDi*. Obtenido de [http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories/motor\\_and\\_systems/diesel/common\\_rail\\_injection/common\\_rail\\_diesel\\_motorsys\\_parts.html](http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/motor_and_systems/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_motorsys_parts.html)
7. BOSCH. (2010). *Sistema CRDi*. Obtenido de [http://br.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/startpage/startpage\\_1.html](http://br.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/startpage/startpage_1.html)
9. Delgado, R. C. (17 de septiembre de 2012). *Decreto presidencial*. Obtenido de [https://www.iea.org/media/pams/ecuador/PAMs\\_Ecuador\\_blendingmanadate2012.pdf](https://www.iea.org/media/pams/ecuador/PAMs_Ecuador_blendingmanadate2012.pdf)
9. Delphi. (2011). Manual de Entrenamiento COMMON RAIL - Delphi. Chile.
10. Echeverria, J. C. (2018). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL BIODIESEL, A BASE DE ACEITE DE HIGUERILLA*. Ibarra.
11. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2002). *Norma de emisiones de gases*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nt.e.2207.2002.pdf>
12. Jiaqiang E, M. P. (25 de 05 de 2017). *Efecto de diferentes tecnologías en la combustión y las emisiones del motor diesel alimentado con biodiesel: una revisión*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211730895X>
13. KIA. (2012). *Especificaciones técnicas*. Obtenido de <http://www.coches.net/ficha-tecnica-kia-sorento-2.5-cr-di-ex-ii-170cv-5p-diesel-56546620070301-ftft.aspx>
14. OMS. (2013). *Partículas de gases contaminantes permitidos*. Obtenido de [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/air\\_pollution/es/](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/air_pollution/es/)
15. Palermo, U. d. (2014). *Biocombustibles una fuente alternativa*. Obtenido de [http://www.palermo.edu/economicas/pdf\\_economicas/Presentacion\\_biocom\\_Steinberg.pdf](http://www.palermo.edu/economicas/pdf_economicas/Presentacion_biocom_Steinberg.pdf)
16. Ramos, P. R. (2016). *Repositorio digital UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5543/6/04%20MUAT%20016%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
17. SAE. (2004). SAE J1349. *SAE Internacional*, 3-15.
18. SÁNCHEZ, M. C. (2011). *características de los biocombustibles*. Obtenido de <http://www.fedebiocombustibles.com/files/Caracteristicas%20del%20Biodi%C3%A9sel%20y%20sus%20mezclas%20V1.pdf>
19. VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg. (2014). *sistema de inyección common rail*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/87480008/351-Sistema-de-inyeccion-Common-rail-motor-3-0-TDI-vw>

## **Biografía**

Mateo Arboleda nació el 19 de abril de 1993 en la ciudad de Mira Carchi Ecuador sus estudios primarios los realizó en la escuela Eduar Spranger en la ciudad de Ibarra, sus estudios secundarios los realizó en el colegio municipal Alfredo Albuja Galindo

Sus estudios superiores los realizó en la Universidad técnica del norte siguiendo la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la cual me siento muy orgulloso.