



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA COMBUSTIBLE DIESEL A PARTIR DE ACEITE DE FRITURAS, EN CONCENTRACIÓN 5% - 10% - 15% - 20% - 30% PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS DEL MOTOR**

**AUTOR: YESSENIA CAROLINA VILLACÍS OÑA**

**DIRECTOR: Ing. GERMÁN ERAZO**

**LATACUNGA, NOVIEMBRE 2016**



## ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

- × Debido al aumento de la población, la producción industrial, así como la disminución de reservas de petróleo, se ha empezado a concientizar acerca de la contaminación ambiental producida por el uso de combustibles fósiles por lo cual se ha visto la necesidad de impulsar el desarrollo de energías alternativas basadas en recursos naturales renovables.
- × Como manifiesta Mantilla (2014), dentro de las energías renovables que involucran un gran desarrollo se encuentra el uso de biocombustibles, como lo es el biodiesel de diferentes fuentes de obtención; América en su conjunto lidera la producción mundial de biodiesel con EEUU en primer lugar, seguido por Argentina en segundo lugar y Brasil en el tercer puesto. (p.1)



- ✘ La exportación del crudo ha sido para el Ecuador la más importante de sus fuentes económicas; sin embargo la explotación petrolera, mantiene un historial bastante nefasto para la degradación de los ecosistemas naturales.
- ✘ El Gobierno está convencido que la producción de biodiesel estimula la actividad agrícola además de generar beneficios ambientales.
- ✘ El mercado de los biocombustibles en el Ecuador tiene una expectativa elevada de crecimiento para responder a la demanda de etanol y biodiesel que se ha planteado el gobierno como parte de su estrategia de transformación de la matriz productiva. (PRO ECUADOR, 2012, p. 1)

# JUSTIFICACIÓN

- × La utilización de los combustibles fósiles ha sido de gran beneficio para el desarrollo a nivel mundial, pero de la misma manera ha contaminado el planeta con los desechos producidos por los mismos; al ser un tipo de energía no renovable, las reservas de petróleo se van agotando, por lo que se considera necesaria la exploración de nuevas alternativas, tales como los biocombustibles dentro de los cuales existen biodiesel de distintas fuentes como lo son los aceites reciclados.



- × Entre los objetivos del Plan del Buen Vivir se ha propuesto el impulsar la transformación de la matriz productiva con lo cual se determina la promoción de nuevos sectores con alta productividad, competitivos, sostenibles, sustentables y diversos; por lo cual en su inciso 10.9 considera la articulación de las acciones y metas de generación de energías limpias y eficiencia energética. (Plan Nacional Buen Vivir, 2015)
- × La aplicación de este biocombustible en motores diesel dará como resultado una disminución en la emisión de gases, siendo estos la causa de contaminación al medio ambiente, la importancia de producir biodiesel a partir de aceite de frituras es disminuir la contaminación al arrojar el aceite en los drenajes, por lo cual se utiliza un catalizador heterogéneo que no emite contaminación alguna ya que proviene de la cal y el mismo puede ser reutilizado.

### Problema

Mal uso de energías no renovables como son los combustibles derivados del petróleo.

### Objeto de estudio

Biocombustible a partir de aceite de frituras.

### Campo de acción

INFLUENCIA DEL USO DE  
BIOCOMBUSTIBLES COMO  
ENERGÍA ALTERNATIVA EN  
MOTORES DE COMBUSTIÓN  
INTERNA

### Objetivo general

Caracterizar la mezcla combustible diesel a partir de aceite de frituras en concentración 5% - 10% - 15% - 20% - 30% para determinar los parámetros térmicos y mecánicos del motor.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- × Recopilar información pertinente para el desarrollo del estudio.
- × Determinar las fuentes proveedoras de aceite de frituras para la obtención de la materia prima.
- × Realizar la tipificación del aceite de frituras para verificar su utilidad.
- × Construir un reactor de agitación a escala de laboratorio para la obtención de biodiesel.
- × Calcular la cantidad de metanol y catalizador a ser utilizado en el proceso de transesterificación.



- ✘ Obtener el biodiesel a partir del aceite de frituras.
- ✘ Preparar mezclas de biodiesel en proporciones de 5% - 10% - 15% - 20% - 30%.
- ✘ Seleccionar la mezcla ideal en base a la caracterización realizada.
- ✘ Utilizar la mezcla combustible seleccionada en la camioneta Mazda BT-50 para realizar pruebas de torque, potencia, medición de opacidad y emisiones de gases.
- ✘ Tabular los datos obtenidos y validar el uso de la mezcla combustible seleccionada.





# HIPÓTESIS

¿El uso de biocombustible obtenido a partir de aceite de frituras como base del biodiesel sin la utilización de catalizadores de uso restringido, en proporciones adecuadas permitirá optimizar el desempeño mecánico y térmico de motores de combustión interna diesel?



# REFERENTES TEÓRICOS

Los autores (Crespo, Martínez, & Aracil, 2001) definen al biodiesel mediante las especificaciones ASTM (American Society for Testing and Material Standard, asociación internacional de normativa de calidad) como ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como: aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión.

(Zhang, 2003). El proceso más utilizado para la producción de biodiesel es la transesterificación, la cual se refiere a la reacción entre un aceite o grasa y un alcohol en un medio catalizado, para producir ésteres alquílicos de ácidos grasos (biodiesel) y glicerol o glicerina.

# METODOLOGÍA DE DESARROLLO

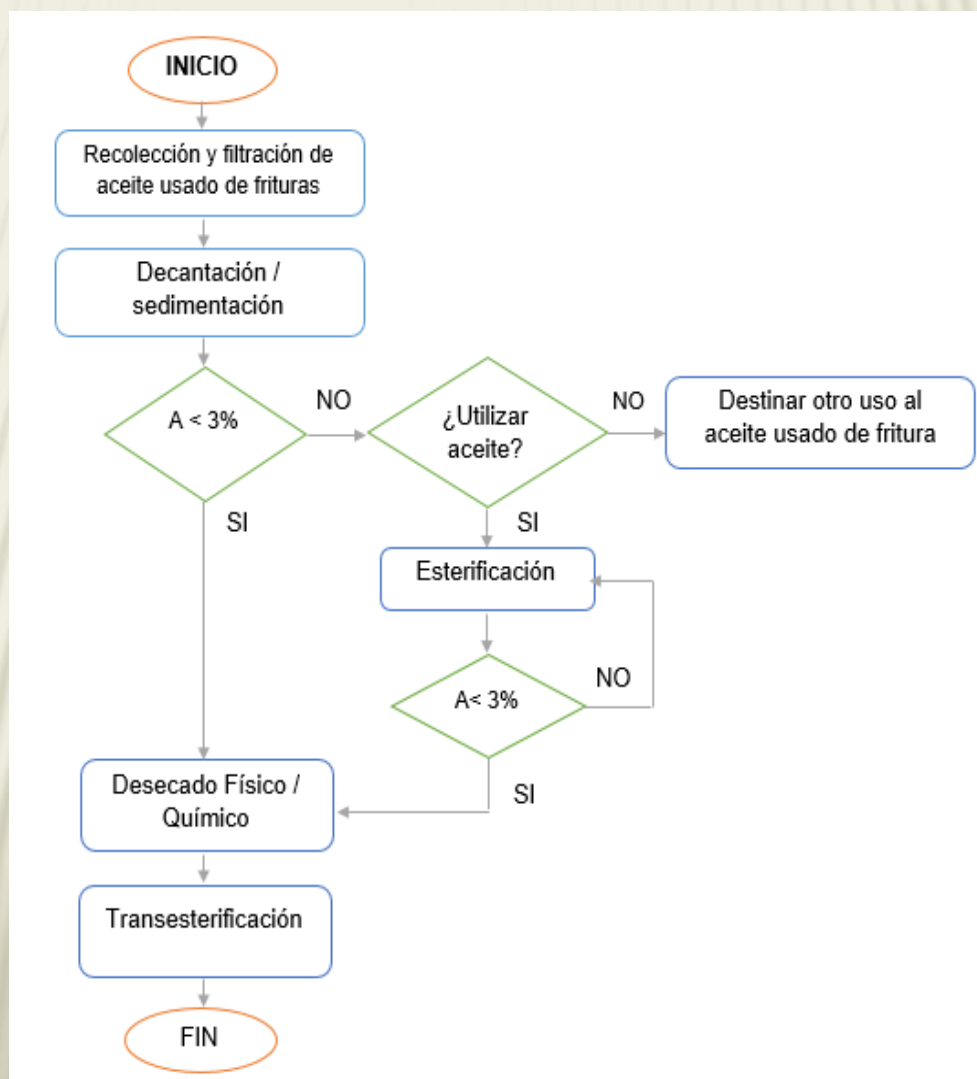


# PROCEDIMIENTO

## FUENTE PROVEEDORA



# TIPIFICACIÓN DEL ACEITE DE FRITURAS



- × Medición de la densidad relativa
- × Cálculo del Índice de acidez y porcentaje de acidez.
- × Cálculo del Índice de saponificación

### Resultados fisicoquímicos de la tipificación del aceite usado de frituras

Parámetro	Resultado	Unidad	Método de análisis
Densidad relativa	0,9178	g/ml	PA-FQ-74/INEN 11
Índice de acidez	2,14	mg/g	PA-FQ-114
Acidez	1,07	%	PA-FQ-03/AOAC 947 05
Índice de saponificación	198,6	mg/g	PA-FQ -119





# CATALIZADOR Y METANOL EN EL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN

$$M_{aceite} = \frac{R.E.S.}{I.S}$$

$$M_{aceite} = \frac{168300 \left[ \frac{mg\ KOH}{mol\ aceite} \right]}{198.6 \left[ \frac{mg\ KOH}{g\ aceite} \right]}$$

$$M_{aceite} = 847.432 \left[ \frac{g\ aceite}{mol\ aceite} \right]$$

$$\delta_{aceite} = \frac{m_{aceite}}{V_{aceite}}$$

$$m_{aceite} = 458.9\ g$$



## Cantidad de metanol utilizada

$$m_{\text{metanol}} = 458.9 \text{ g} \times \left[ 12 \frac{\text{mol metanol}}{\text{mol aceite}} \right] \times \frac{32 \text{ g metanol/mol metanol}}{847.432 \text{ g aceite/mol aceite}}$$

$$m_{\text{metanol}} = 207.943 \text{ g}$$

$$V_{\text{metanol}} = \frac{207.943 \text{ g}}{0,79 \text{ g/cm}^3}$$

$$V_{\text{metanol}} = 263.21 \text{ cm}^3$$

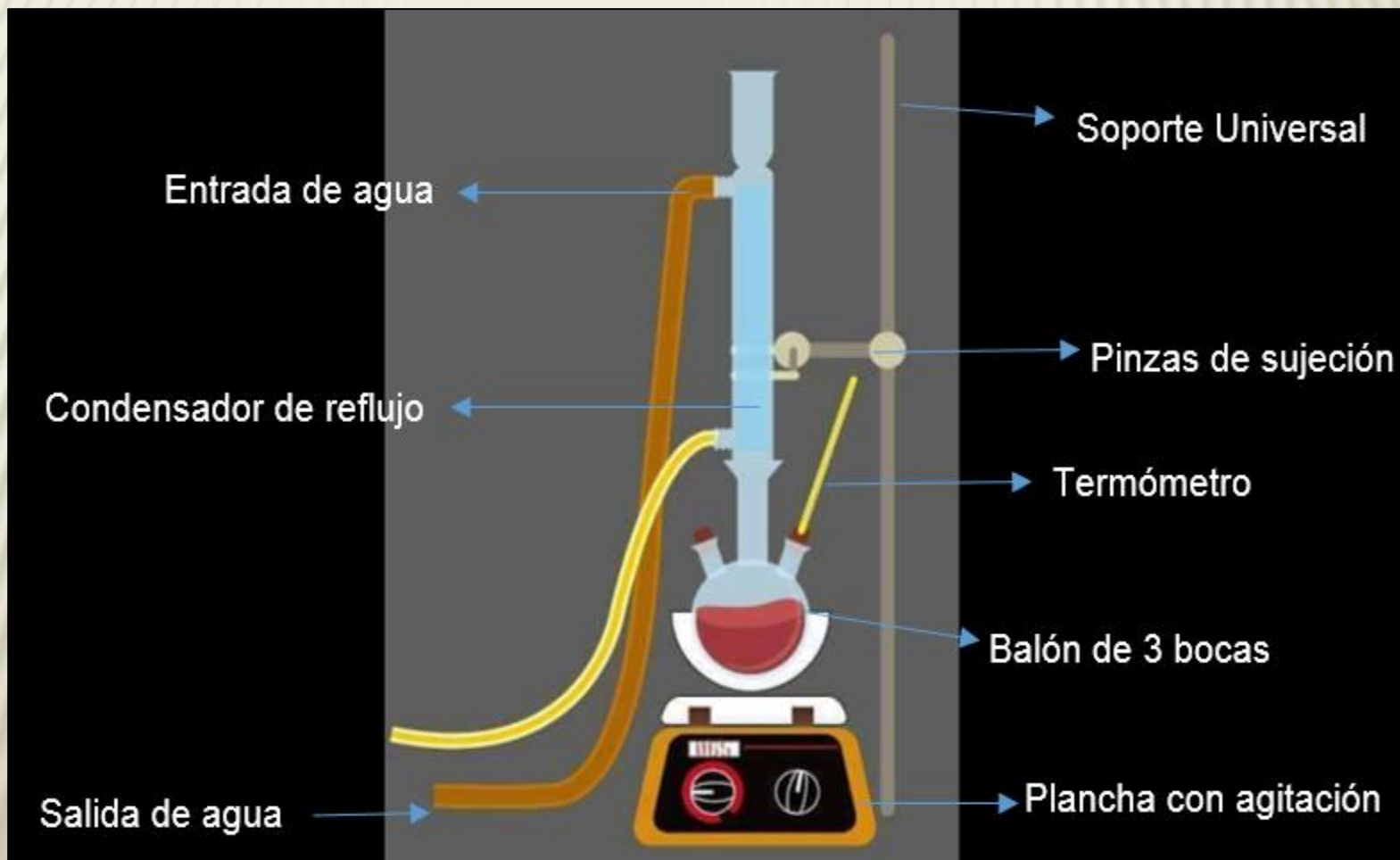
## Cantidad de óxido de calcio utilizado

$$m_{CaO} = m_{aceite} \times \frac{\%p/p \text{ CaO}}{100 \text{ [g aceite]}}$$

$$m_{CaO} = 458.9 \text{ g aceite} \times \frac{\%p/p \text{ CaO}}{100 \text{ [g aceite]}}$$

$$m_{CaO} = 4.589 \text{ g CaO}$$

# CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR



# OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

ETAPA DE FILTRACIÓN

ETAPA DE DESHIDRATACIÓN

ETAPA DE REACCIÓN

ETAPA DE LAVADO

ETAPA DE SECADO

## Etapa de filtración

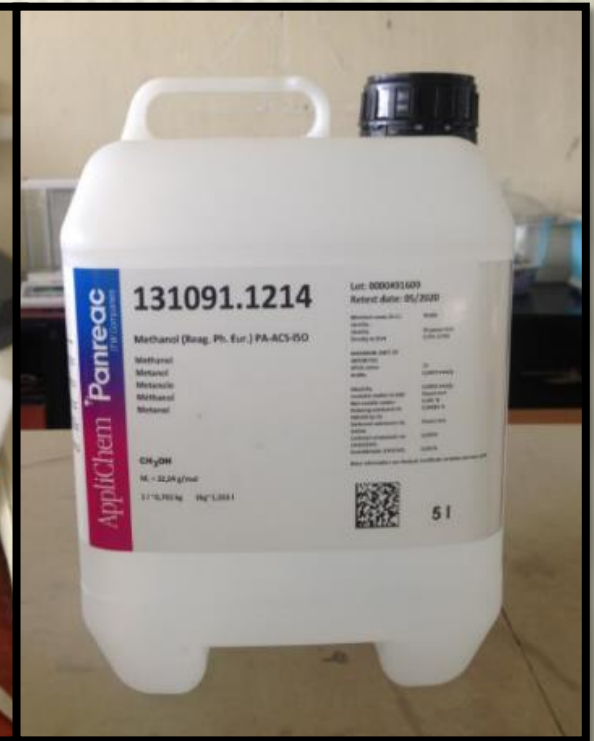


Filtración del aceite

## Etapa de reacción



Equipo armado



Tasación del catalizador y metanol

## Etapa de reacción



Agitación del metóxido



Reactor agitado y refrigerado



## Etapa de reacción



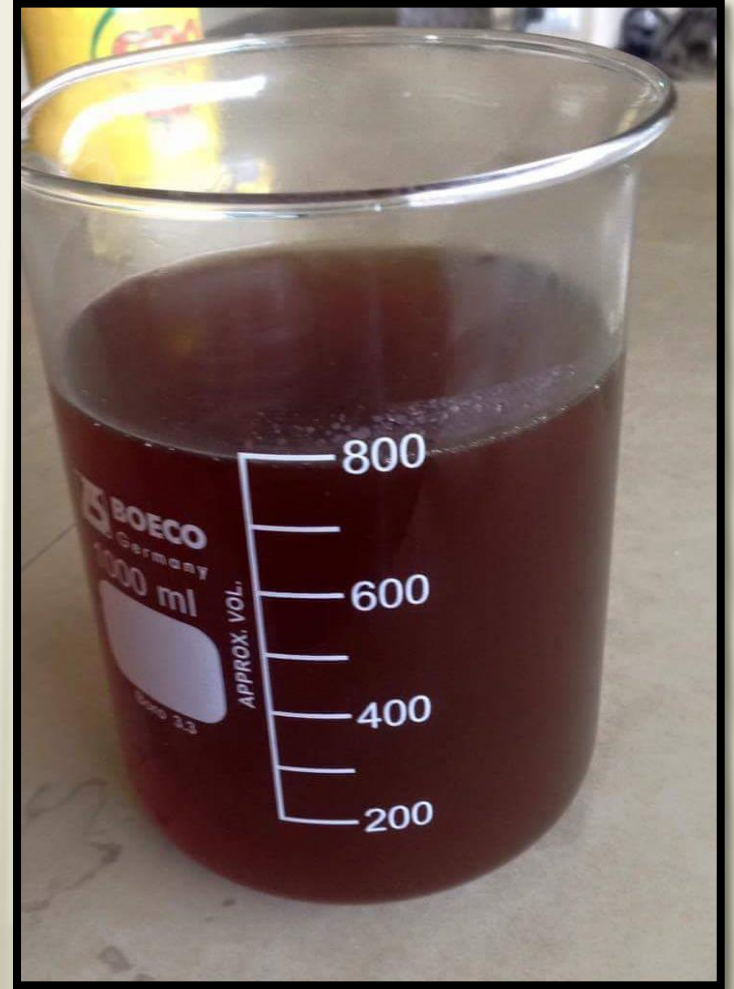
Filtrado del catalizador



Separación de productos en un embudo de separación







Biodiesel listo para ser lavado

## Etapa de lavado

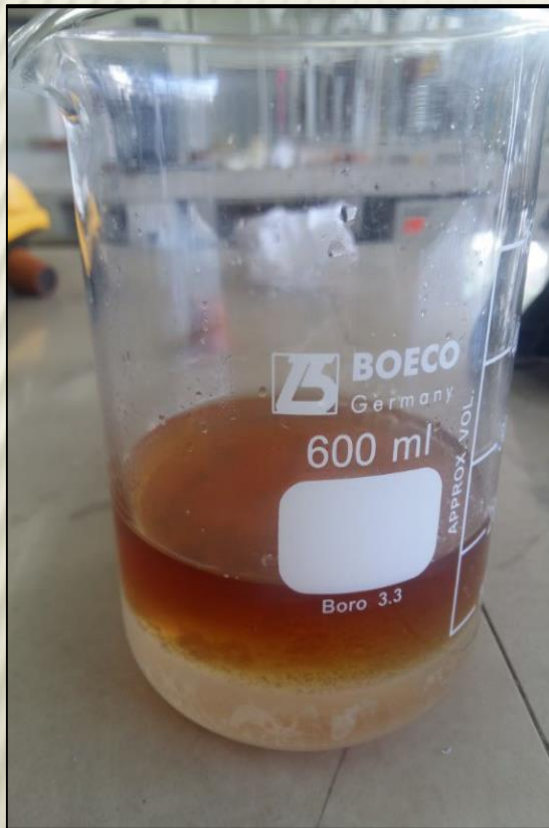


Lavado del biodiesel

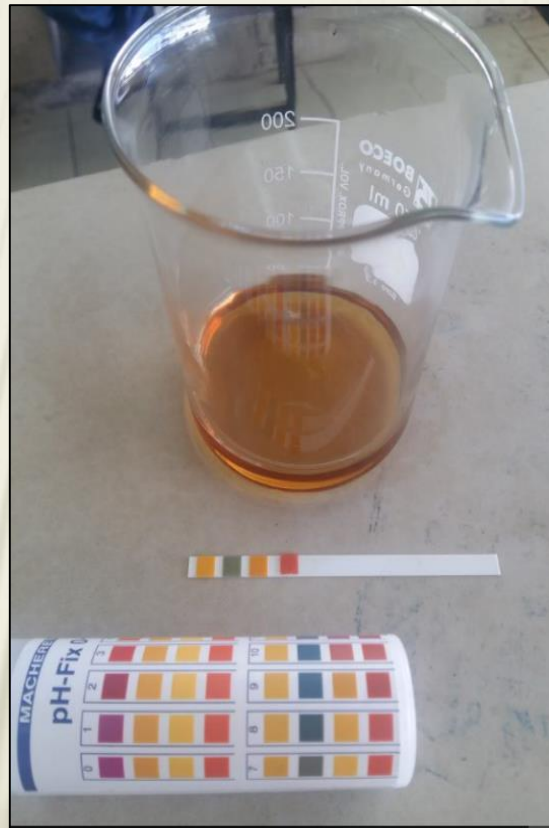


Biodiesel lavado

## Etapa de lavado



Medición del pH

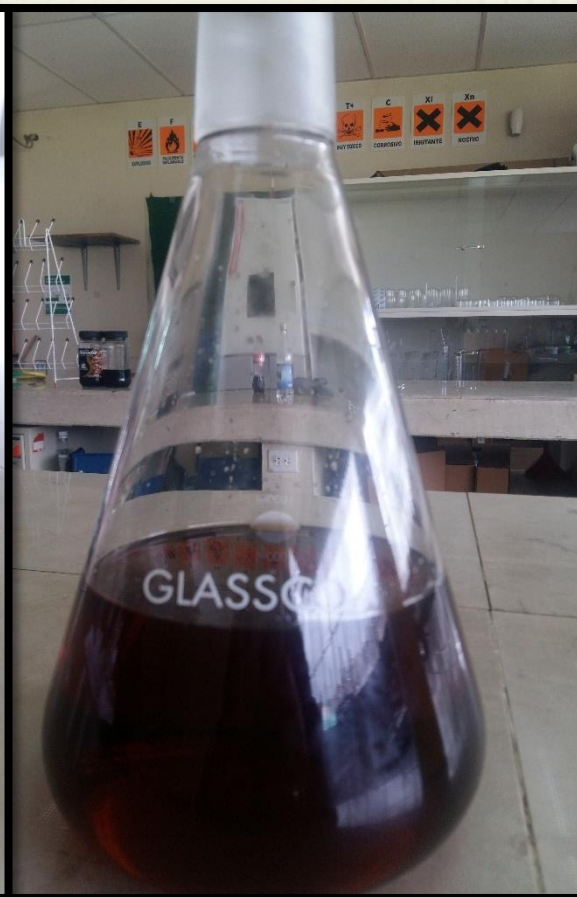
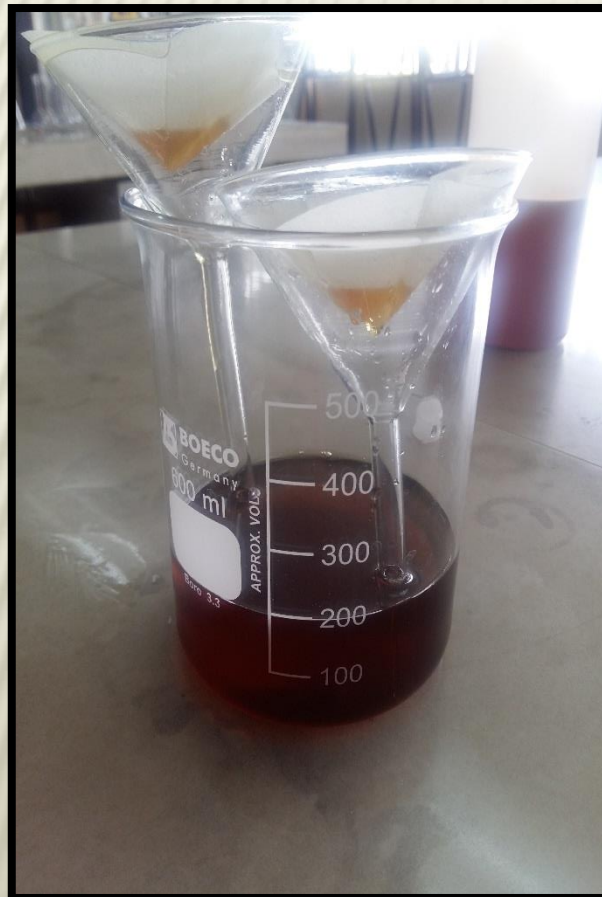


Filtración del biodiesel



Lavado del biodiesel

# Etapa de secado



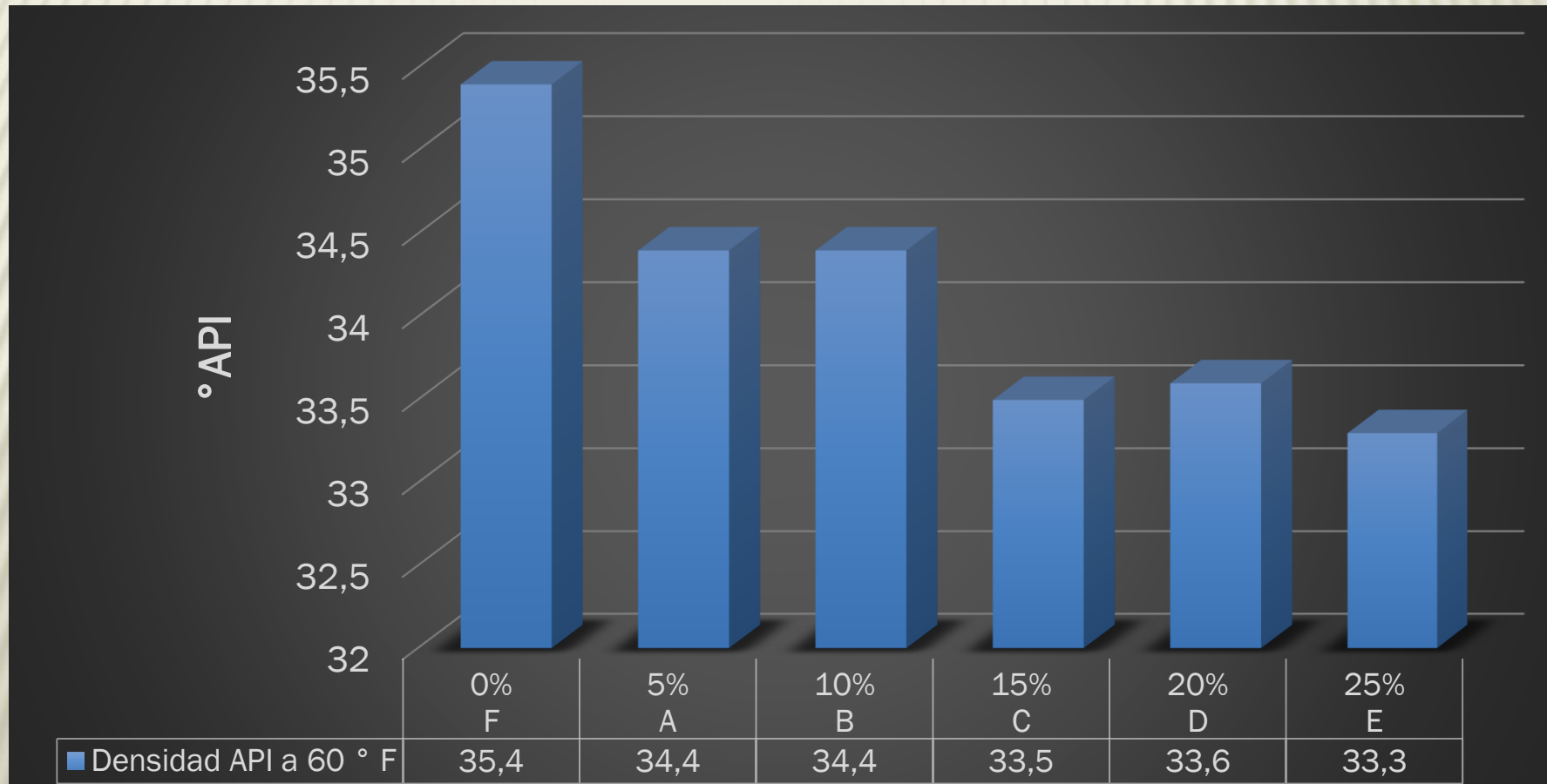
# PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS



Mezcla	Volúmenes ml	
	Biodiesel	Diesel
%		
B5	50	950
B10	100	900
B15	150	850
B20	200	800
B25	250	750

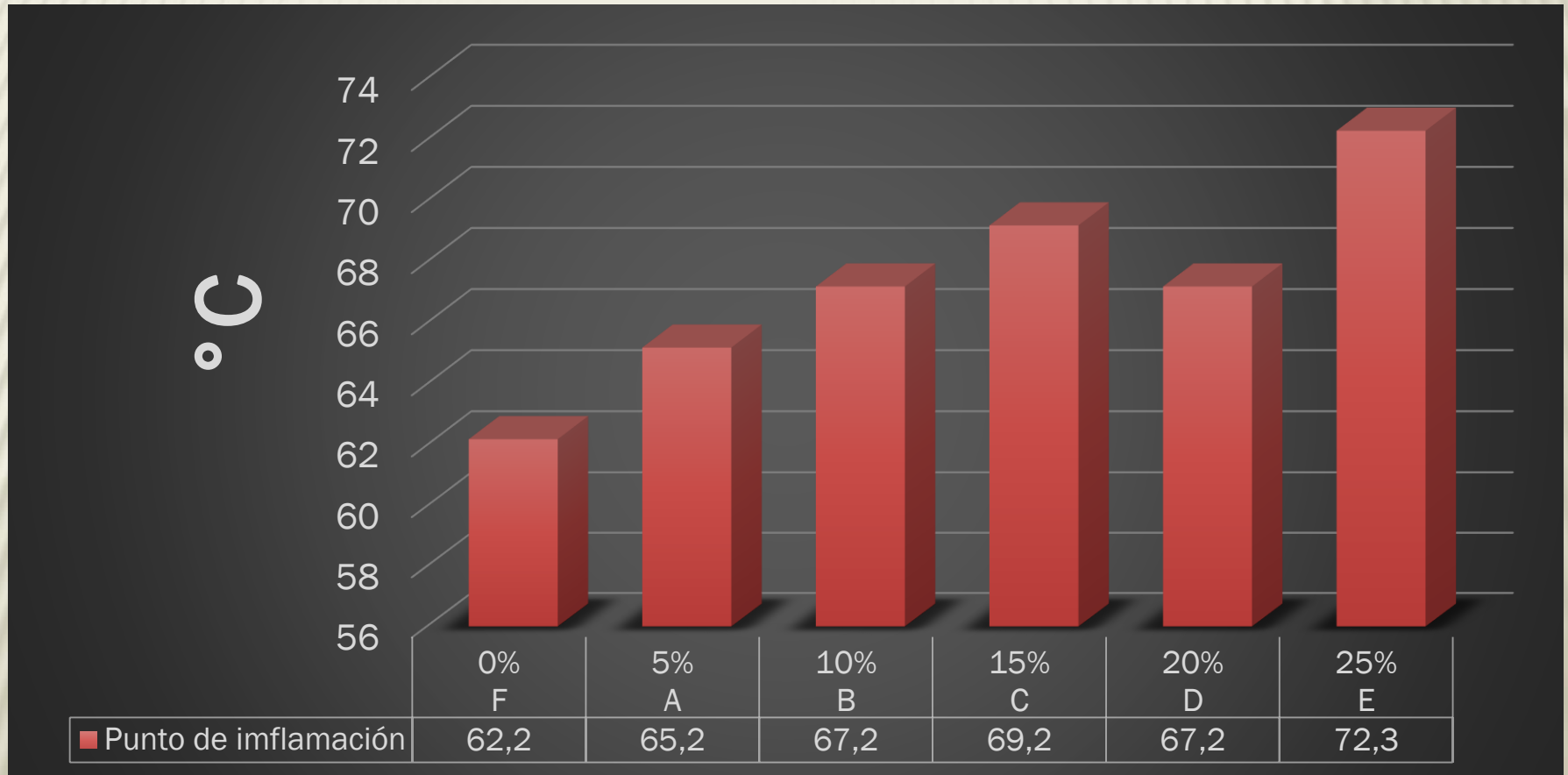


# CARACTERIZACIÓN DE LAS MEZCLAS

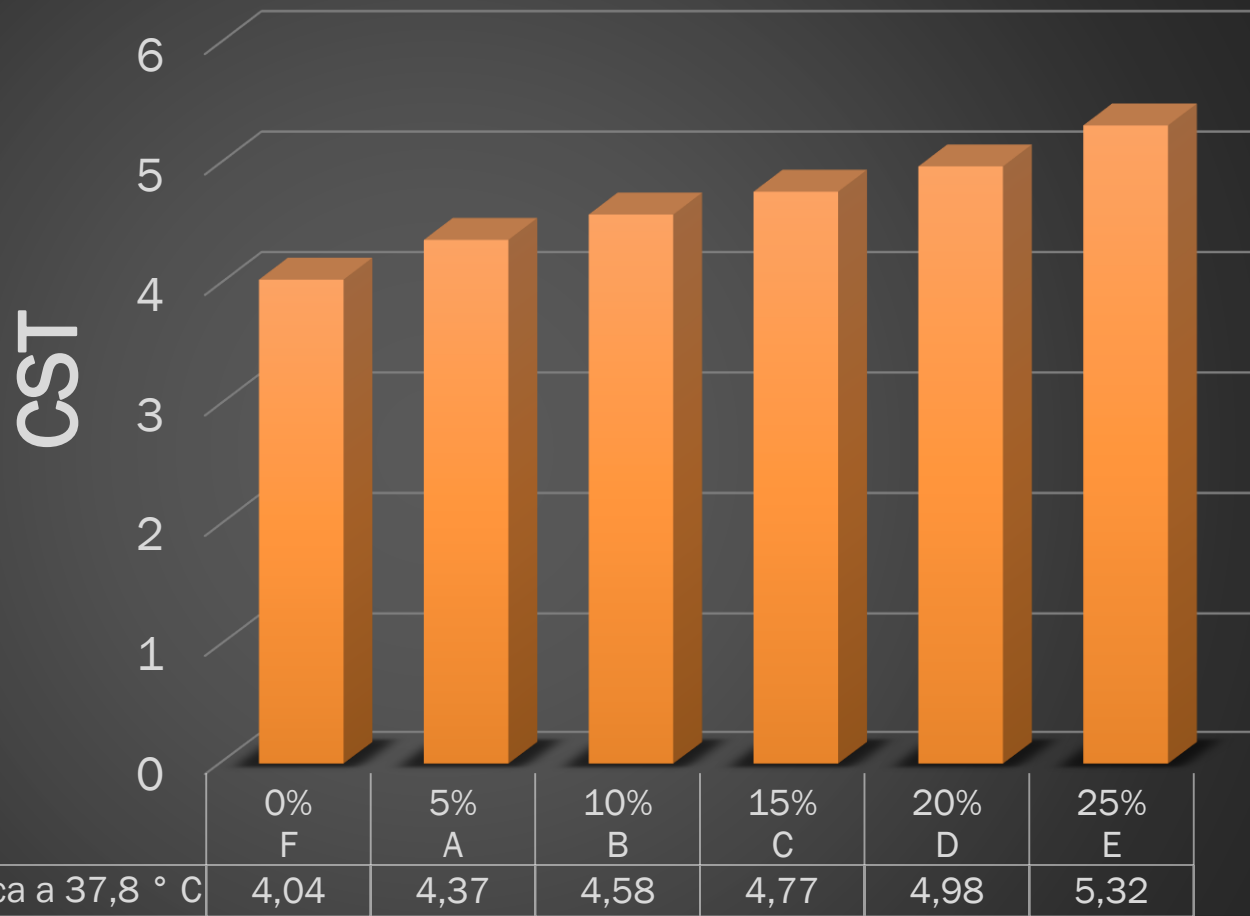


**Densidad API a 60 F**



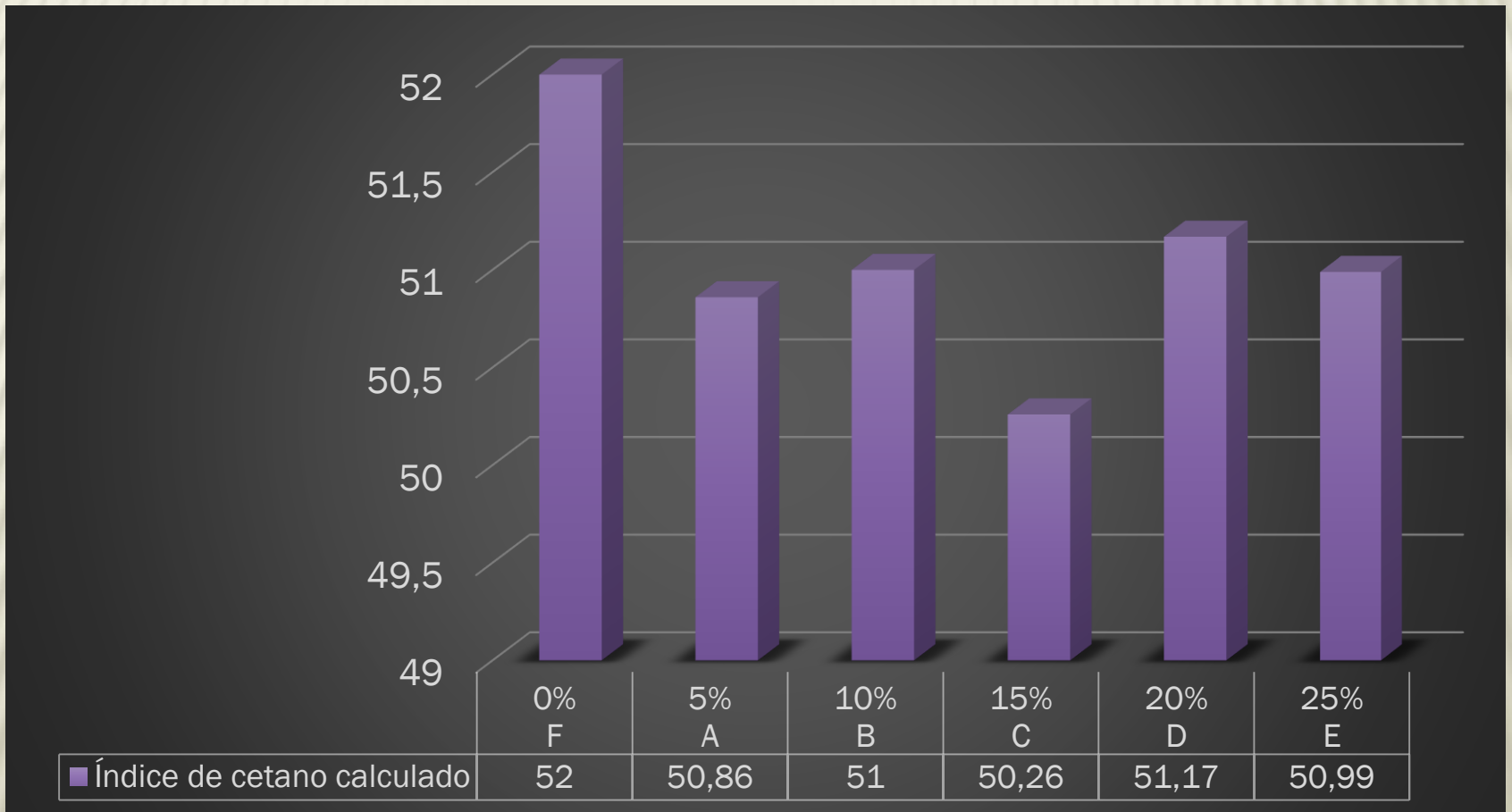


**Punto de inflamación**

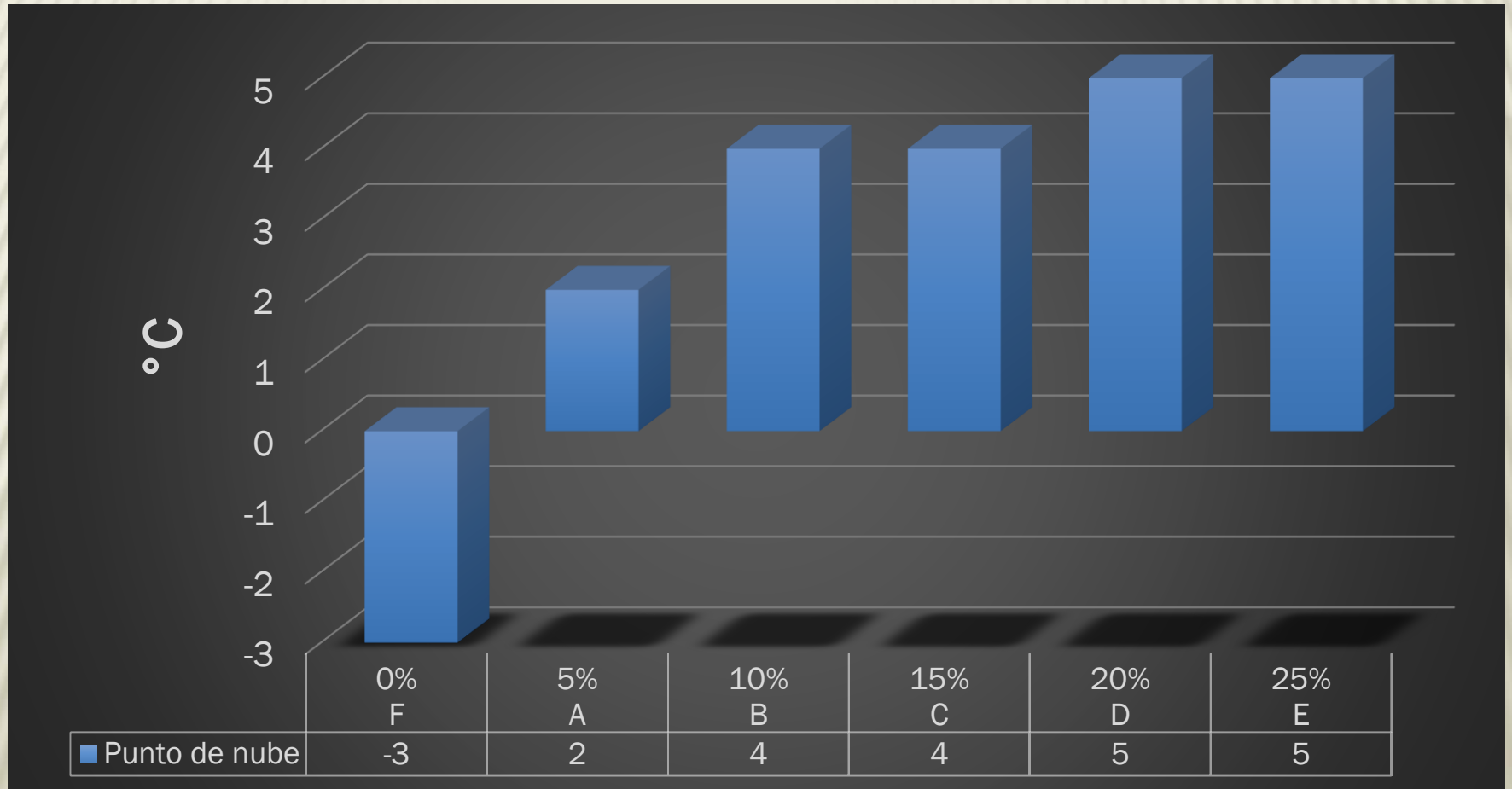


■ Viscosidad cinemática a 37,8 ° C

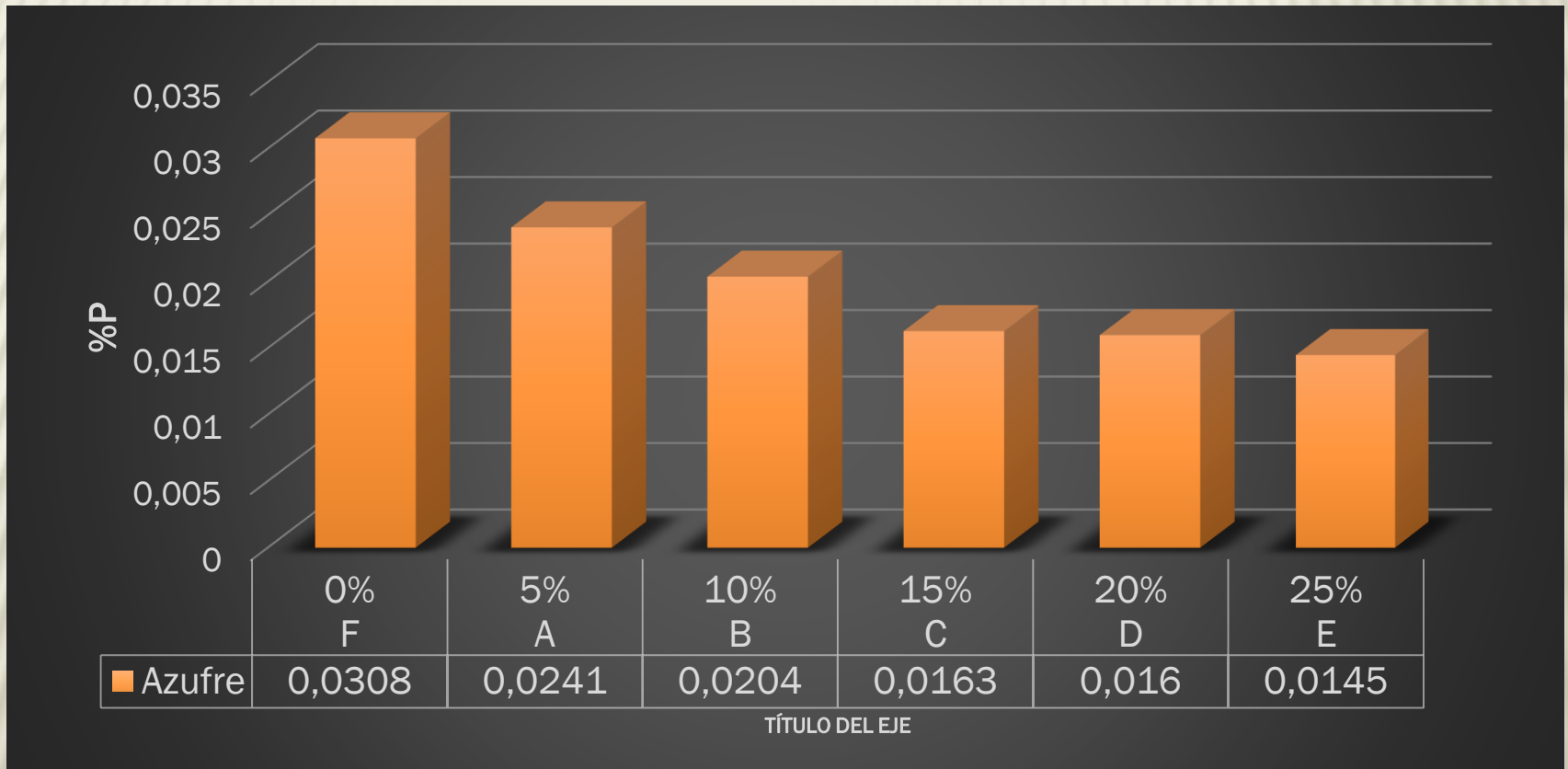
## Viscosidad cinemática



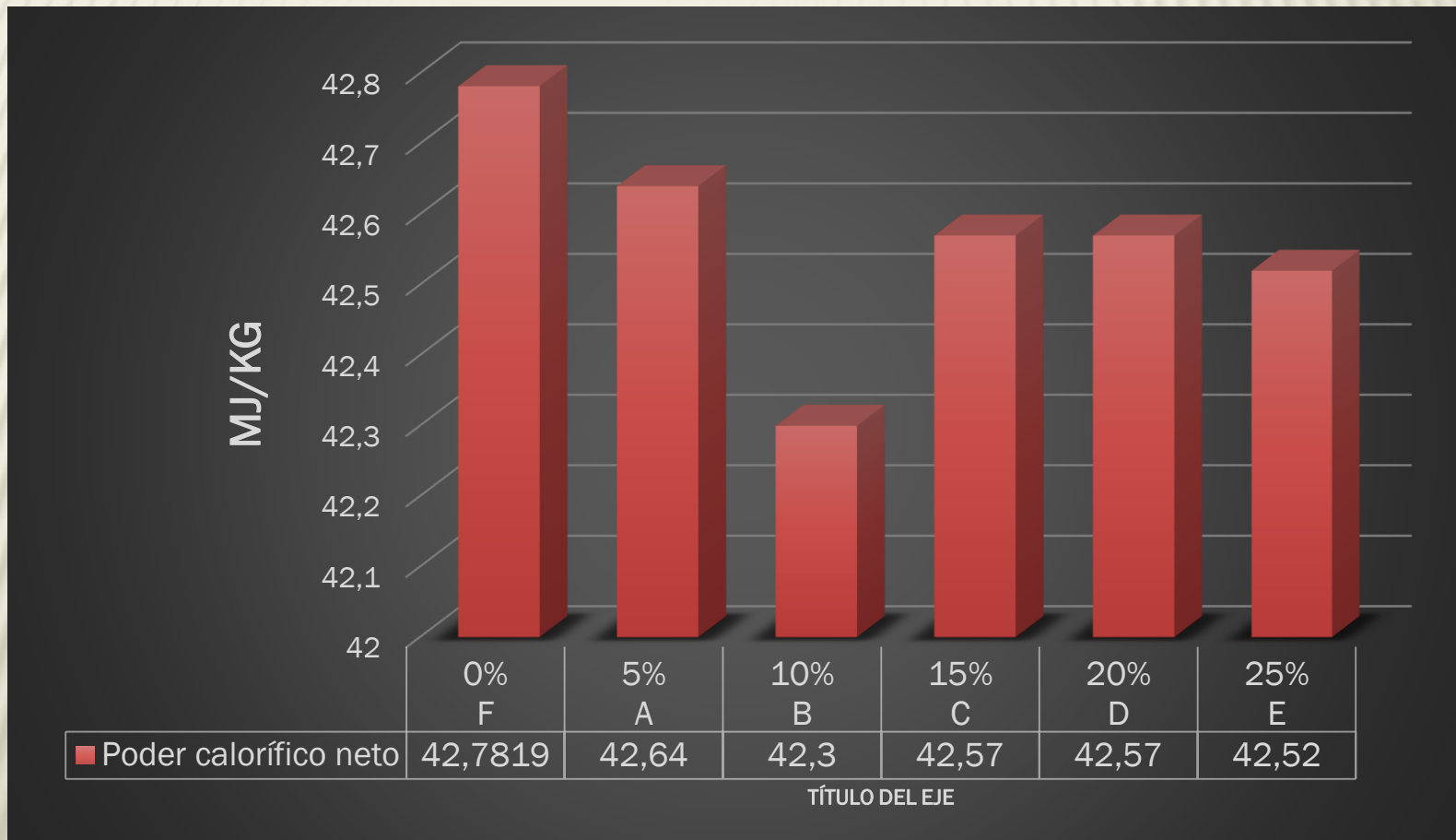
**Índice de cetano calculado**



**Punto de nube**



## Azufre en el biodiesel



**Poder calorífico neto**

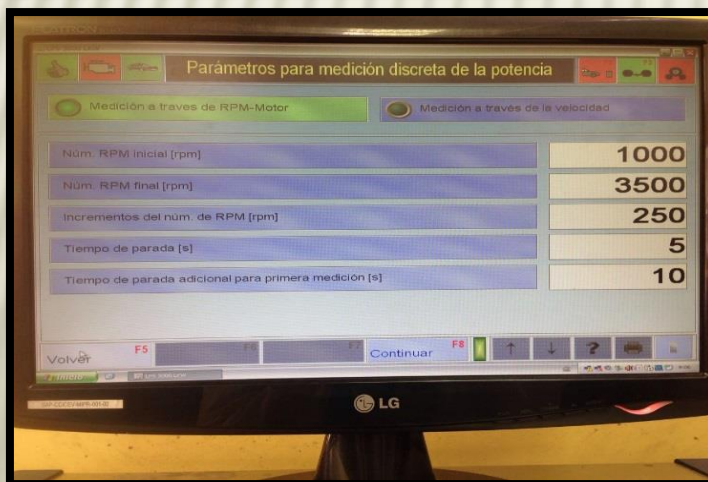


## PROPIEDADES DE LAS DISTINTAS CONCENTRACIONES

■ F 0% ■ A 5% ■ B 10% ■ C 15% ■ D 20% ■ E 25%

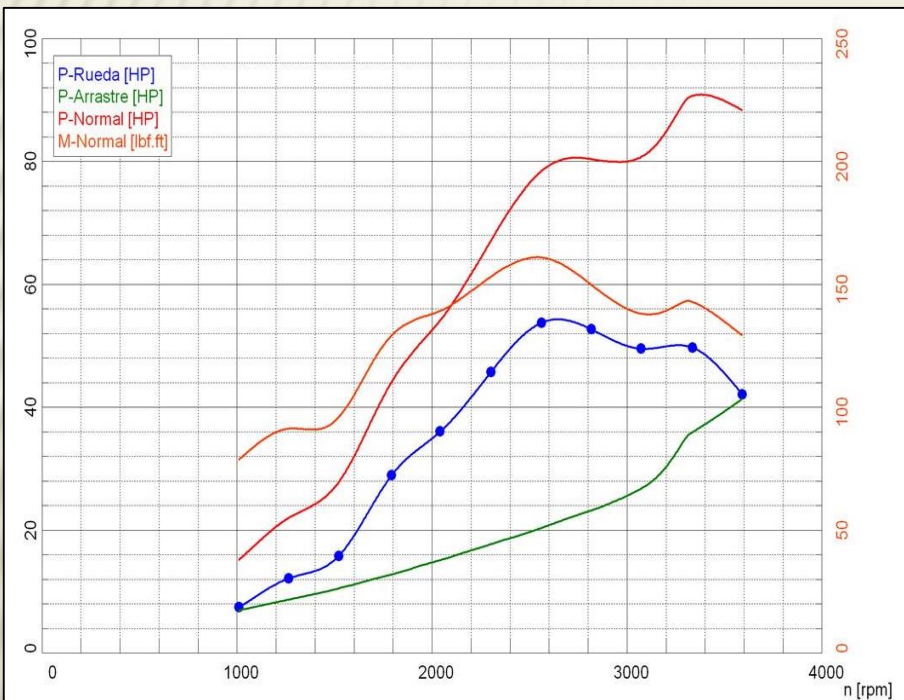


# DINAMÓMETRO MASCHINENBAU MAHA 3000 LPS





# PRUEBAS DE TORQUE Y POTENCIA



Valores de potencia		Valores del ambiente	
Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$ 90,7 HP / 67,7 kW	Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$ 77,5 F
Potencia motor	$P_{Mot}$ 85,7 HP / 63,9 kW	Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$ 68,7 F
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$ 48,9 HP / 36,5 kW	Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$ 30,2 %
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$ 36,7 HP / 27,4 kW	Presión del aire	$p_{Aire}$ 737,5 hPa
Potencia máx.	3380 rpm / 72,8 mph	Presión del vapor	$p_{Vapor}$ 9,7 hPa
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$ 160,7 lbf.ft	Temperat. del aceite	$T_{Aceite}$ 221,8 F
Par máx.	2540 rpm / 54,8 mph	Temperat. carburante	$T_{Carburante}$ ---, F
RPM máx. alcanzado	3590 rpm / 77,4 mph		

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349 ( $f_m = 0,30$ )  
Factor de corrección:  $Q_v = 0,00$  %

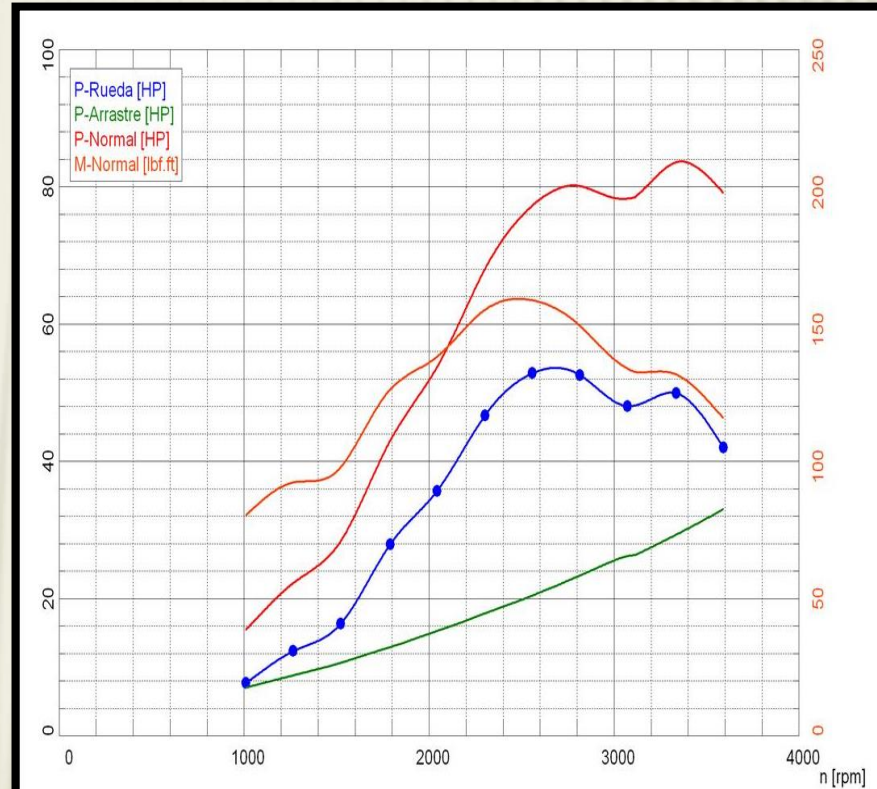
BIODIESEL 5%					
n [rpm]	v [mph]	$P_{Rueda}$ [HP]	$P_{Motor}$ [HP]	$P_{Normal}$ [HP]	$M_{Normal}$ [lbf.ft]
1010	21,8	7,4	14,2	15,1	78,5
1265	27,3	12,1	20,7	21,9	91,1
1522	32,8	15,7	26,2	27,8	95,8
1792	38,6	28,8	41,5	44,0	128,9
2042	44,0	36,0	51,0	54,1	139,0
2303	49,6	45,7	63,3	76,1	153,0
2561	55,2	53,7	74,0	78,4	160,7
2816	60,7	52,6	75,7	80,3	149,7
3073	66,2	49,4	76,1	80,6	137,8
3337	71,9	49,6	85,5	90,6	142,6
3592	77,4	42,0	83,3	88,2	129,0
Valor mínimo			Valor máximo		

## DIESEL 100%

n [rpm]	v [mph]	P <sub>Rueda</sub> [HP]	P <sub>Motor</sub> [HP]	P <sub>Normal</sub> [HP]	M <sub>Normal</sub> [lbf.ft]
1010	21,8	7,6	14,6	15,4	80,2
1265	27,3	12,3	21,0	22,2	92,1
1522	32,8	16,2	26,8	28,3	97,6
1791	38,6	27,8	40,7	43,0	126,0
2043	44,0	35,6	50,8	53,6	137,9
2303	49,6	46,6	64,4	68,0	155,1
2559	55,2	52,7	73,1	77,2	158,4
2816	60,7	52,5	75,8	80,0	149,1
3072	66,2	47,9	74,0	78,2	133,6
3337	71,9	49,8	79,1	83,5	131,4
3592	77,4	41,9	74,9	79,0	115,5

Valor mínimo

Valor máximo



### Valores de potencia

Potencia normal <sup>1)</sup>	P <sub>Normal</sub>	83,6 HP / 62,3 kW
Potencia motor	P <sub>Mot</sub>	79,2 HP / 59,0 kW
Potencia ruedas	P <sub>Rueda</sub>	49,6 HP / 37,0 kW
Potencia arrastre	P <sub>Arrastre</sub>	29,6 HP / 22,1 kW
Potencia máx.		3365 rpm / 72,5 mph
Par <sup>1)</sup>	M <sub>Normal</sub>	158,9 lbf.ft
Par máx.		2485 rpm / 53,5 mph
RPM máx. alcanzado		3590 rpm / 77,4 mph

### Valores del ambiente

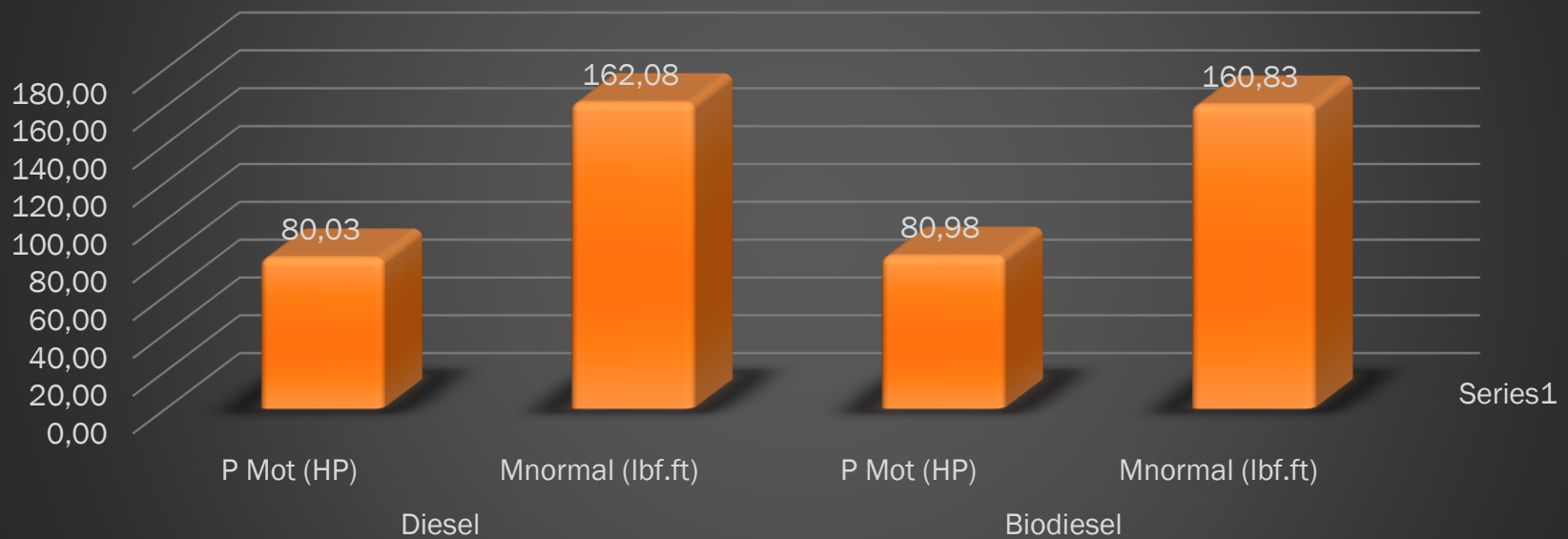
Temperat ambiente	T <sub>Ambiente</sub>	73,9 F
Temperat. aire aspirado	T <sub>Aire aspirado</sub>	65,1 F
Humedad relativa del aire	H <sub>Aire</sub>	34,4 %
Presión del aire	p <sub>Aire</sub>	739,6 hPa
Presión del vapor	p <sub>Vapor</sub>	9,8 hPa
Temperat. del aceite	T <sub>Acete</sub>	221,4 F
Temperat. carburante	T <sub>Carburante</sub>	---

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349 (f<sub>m</sub> = 0,30)  
Factor de corrección: Q<sub>v</sub> = 0,00 %



Valores	Diesel		Biodiesel	
	P Mot (HP)	Mnormal (lbf.ft)	P Mot (HP)	Mnormal (lbf.ft)
Valor máximo 1	82,1	166	79,4	158,7
Valor máximo 2	79,1	158,4	85,5	160,7
Valor máximo 3	78,9	164,1	79,9	161,2
Valor máximo 4	80	159,8	79,1	162,7
Valor mínimo total	78,9	158,4	79,1	158,7
Valor máximo total	82,1	166	85,5	162,7
Media	80,18	162,12	81,42	160,78
Error típico	0,63	1,50	1,30	0,74
Mediana	79,55	161,95	79,65	160,95
Moda	82,10	166,00	85,50	158,70
Rango	3,2	7,6	6,4	4
Promedio	80,03	162,08	80,98	160,83
Porcentaje de variación en relación al diesel	--	--	4,14	-1,98

## Medición de Torque y Potencia



# CÁLCULO TÉRMICOS Y MECÁNICOS DEL MOTOR

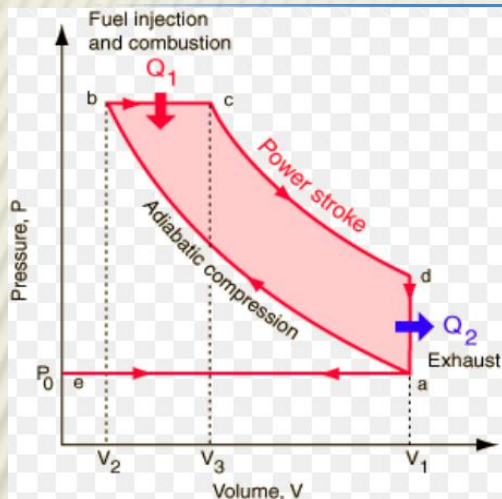
× La fórmula molecular del biodiesel  $C_{12}H_{26}$ .

$$C = 0.848$$

$$H = 0.151$$

$$O_c = 0.001$$

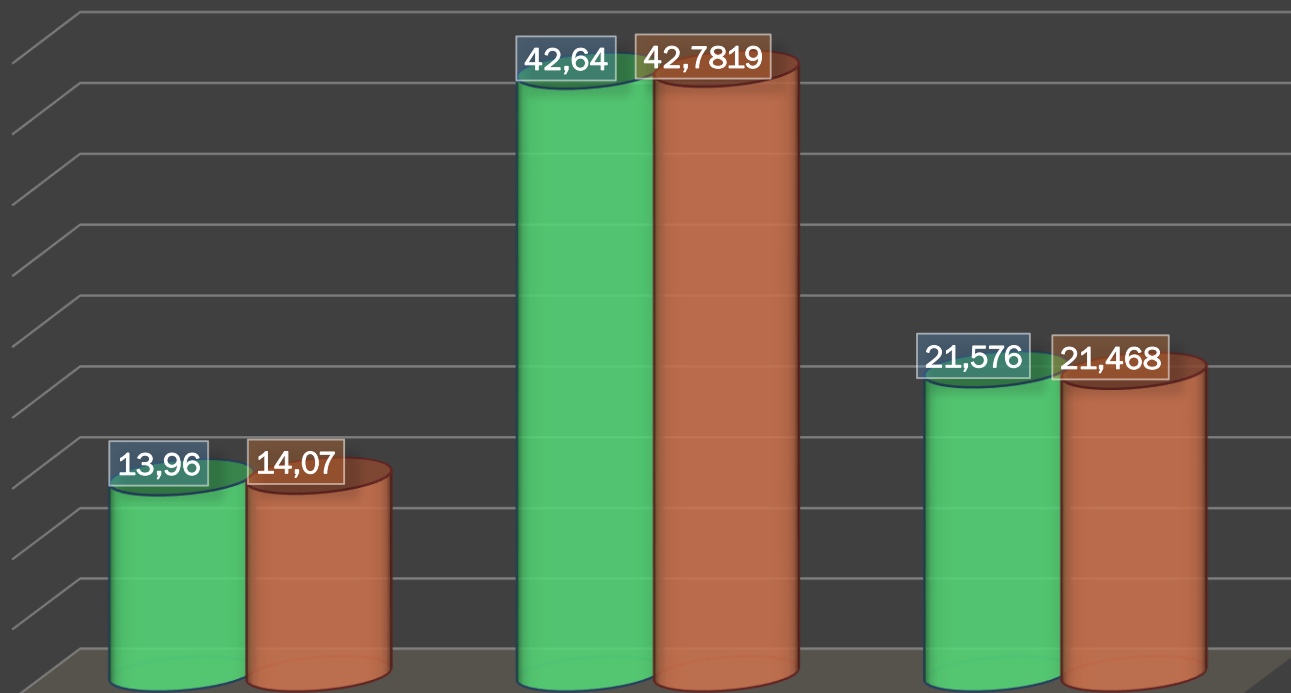
Cilindrada unitaria ( $m^3$ )	0,00062475	Relación de compresión	19,8
Presión atmosférica Quito (Pa)	73960	Coefficiente adiabático	1,41
Grado de expansión previa	4,1	Número de cilindros	4



Muestra	Biodiesel B5	Diesel
Torque (Nm)	218,085	219,780
Presión media del ciclo (Pa)	1396305,594	1407157,935
Rendimiento térmico (%)	49,43	49,82
Calor suministrado $Q_1$ (MJ/Kg)	42,64	42,7819
Calor extraído $Q_2$ (MJ/Kg)	21,576	21,468
Consumo másico de combustible (Kg/h)	10,32	10,07
Consumo específico de combustible (Kg/ KW h)	0,17	0,17
Presión media del ciclo (bar)	13,96	14,07
Consumo másico de combustible (Kg/min)	0,172	0,168

## INFLUENCIA DEL POTENCIAL ENERGÉTICO

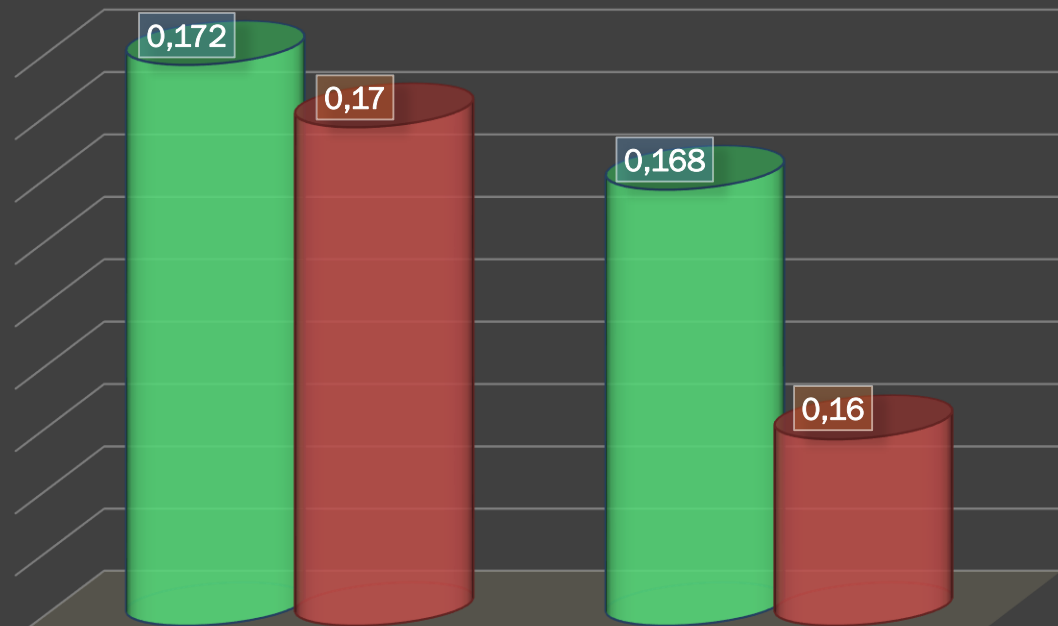
■ Biodiesel B5 ■ Diesel



	Presión media efectiva del ciclo (bar)	Calor suministrado Q1 (MJ/Kg)	Calor extraído Q2 (MJ/Kg)
■ Biodiesel B5	13,96	42,64	21,576
■ Diesel	14,07	42,7819	21,468

# CONSUMO DE COMBUSTIBLE

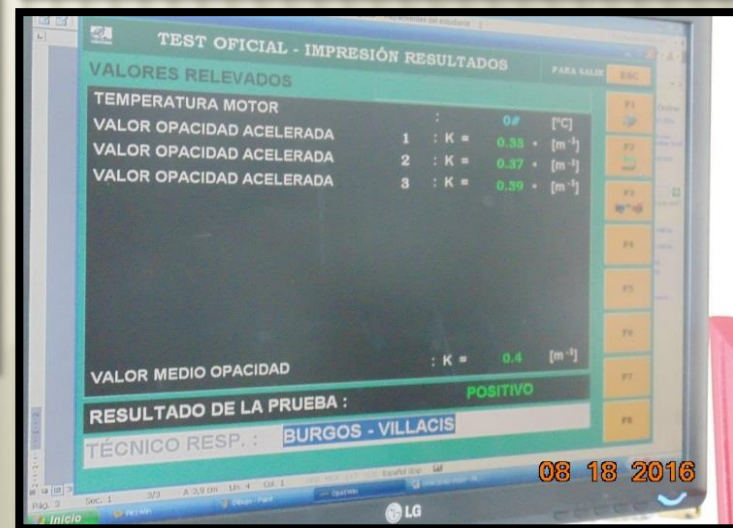
- Consumo másico de combustible (Kg/min)
- Consumo específico de combustible (Kg/ KW h)



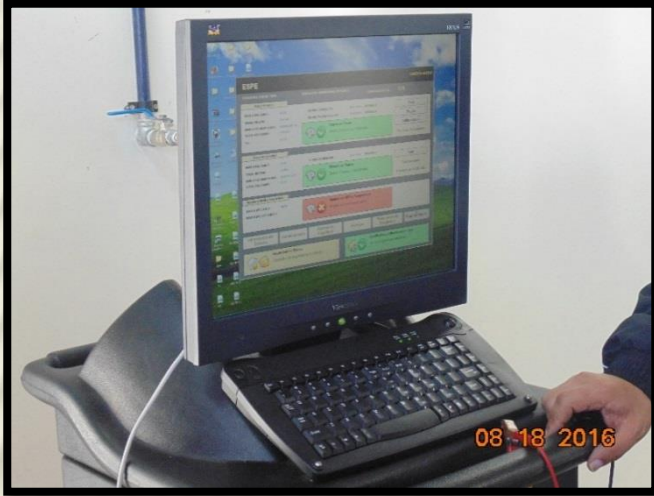
	Biodiesel B5	Diesel
■ Consumo másico de combustible (Kg/min)	0,172	0,168
■ Consumo específico de combustible (Kg/ KW h)	0,17	0,16



## ANALIZADOR DE OPACIDAD BRAIN BEE



# ANALIZADOR DE GASES - OPACÍMETRO CARTEK



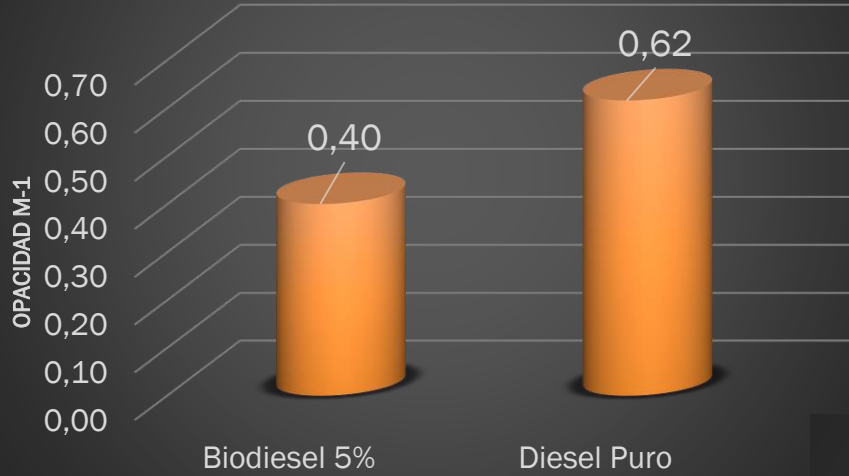


# OPACIDAD DE GASES

MEDICIÓN DE OPACIDAD	Valor de opacidad acelerada (m <sup>-1</sup> )			Valor medio Opacidad (m <sup>-1</sup> )	Valor final medio Opacidad (m <sup>-1</sup> )	Porcentaje de opacidad	Reducción	
	K1	K2	K3	K	K	%	%	
Biodiesel 5%	Prueba 1	0,33	0,37	0,39	0,36	0,40	14,78	-85,22
	Prueba 2	0,37	0,39	0,42	0,39			
	Prueba 3	0,4	0,44	0,5	0,45			
Diesel Puro	Prueba 1	0,63	0,53	0,56	0,57	0,62	21,96	0
	Prueba 2	0,58	0,67	0,72	0,66			
	Prueba 3	0,58	0,62	0,66	0,62			

Medición de opacidad	Valor de opacidad %	Valor Promedio	Reducción	
Biodiesel 5%	Prueba 1	9,21	10,12	-89,88
	Prueba 2	9,89		
	Prueba 3	11,27		
Diesel Puro	Prueba 1	13,17	13,36	0
	Prueba 2	13,52		
	Prueba 3	13,4		

## OPACIDAD GENERADA POR LA CAMIONETA MAZDA BT-50

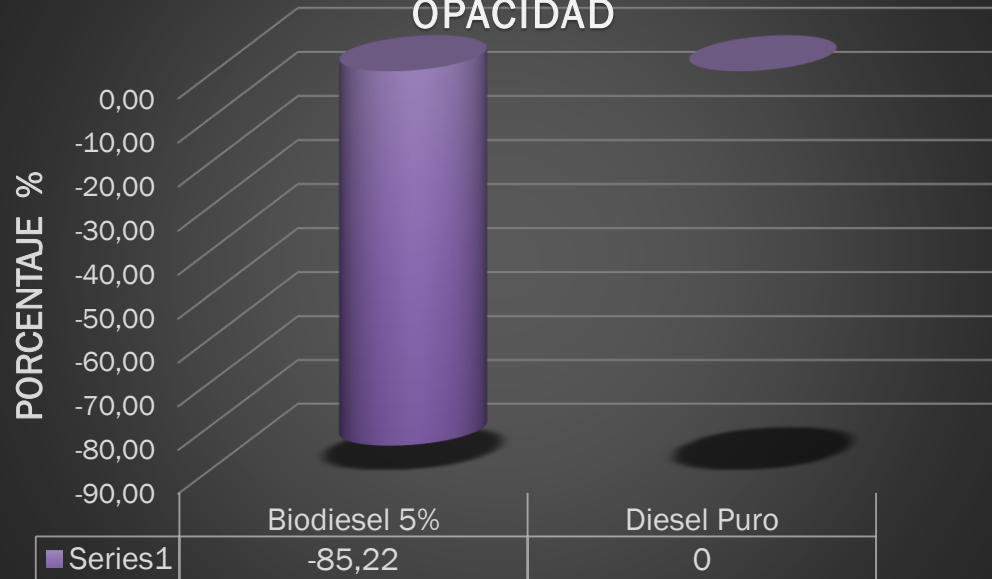


Análisis de opacidad



Porcentaje de reducción de opacidad

## PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE OPACIDAD



## ANALIZADOR DE GASES (AGS-688)





# MEDICIÓN DE GASES

	RPM	Lambda	CO (% Vol)	CO2 (% Vol)	HC (ppm Vol)	O2 (% Vol)	NOx (ppm Vol)
<b>BIODIESEL</b>	750		0,03	1,9	0	20,2	208
	1000		0,06	1,3	0	19,6	90
	1500		0,05	2,3	0	18,1	123
	2000		0,08	2,4	0	17,6	92
	2500		0,25	2,4	0	17,3	54
	3000		0,24	2,6	16	17,2	82
	3500	4.756	0,12	3,1	9	17,3	241
<b>Promedio</b>	<b>4.756</b>	<b>0,119</b>	<b>2,286</b>	<b>3,571</b>	<b>18,186</b>	<b>127,143</b>	
<b>DIESEL</b>	750		0,04	2,2	0	19	280
	1000		0,03	1,7	0	20,4	160
	1500		0,06	2,3	0	18,5	133
	2000		0,1	2,4	0	18,2	99
	2500		0,26	2,4	0	17,4	63
	3000	4,962	0,26	2,8	22	17,5	103
	3500	4,737	0,28	2,9	24	27,1	95
<b>Promedio</b>	<b>4.850</b>	<b>0,147</b>	<b>2,386</b>	<b>6,571</b>	<b>19,729</b>	<b>133,286</b>	

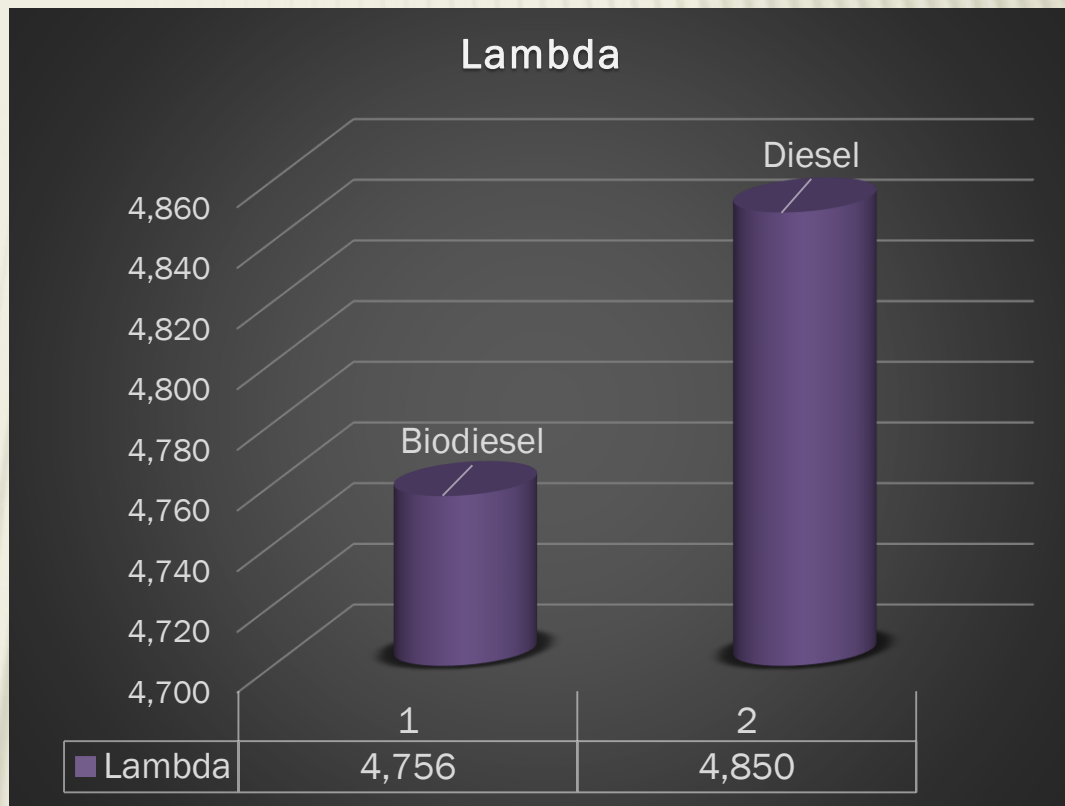


## ANÁLISIS GASES ESCAPE

### ANÁLISIS DE GASES

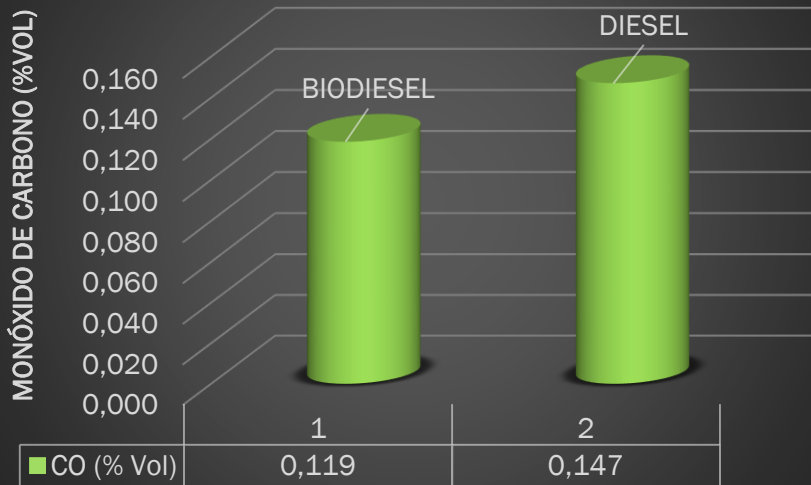
BIODIESEL

ANALIZADOR	AGS-688	CUENTARREVOLUCIONES
Número de serie	180513000054	Número de serie
<b>ESPE</b>		
LATAACUNGA	0987259461	
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	yvcillacis@espe.edu.ec	
<b>Datos del vehículo:</b>		
Marca	: MAZDA	Modelo
Matrícula	: XEC1018	No. Chasis
Combustible	: BIOSIESEL	Km recorridos
<b>Valores relevados:</b>		
Temp. Motor	[ °C ]	: 99
RPM	[ 1/min ]	: 3560
COcorr	[ %Vol ]	: 0.56
Lambda	[ - ]	: 4.756
CO	[ %Vol ]	: 0.12
CO <sub>2</sub>	[ %Vol ]	: 3.1
HC	[ ppmVol ]	: 9
O <sub>2</sub>	[ %Vol ]	: 17.3
NO	[ ppmVol ]	: 241
Fecha y hora prueba	: 18/08/2016 17:03	
Sello		
Firma		

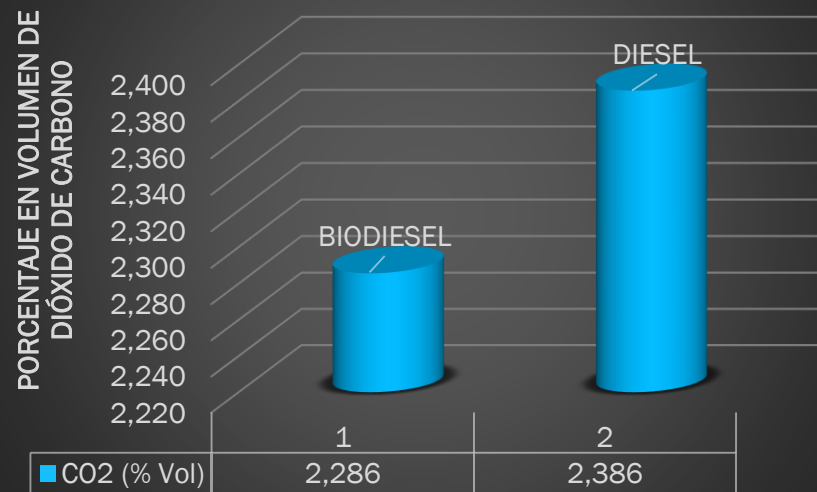


Análisis medición lambda

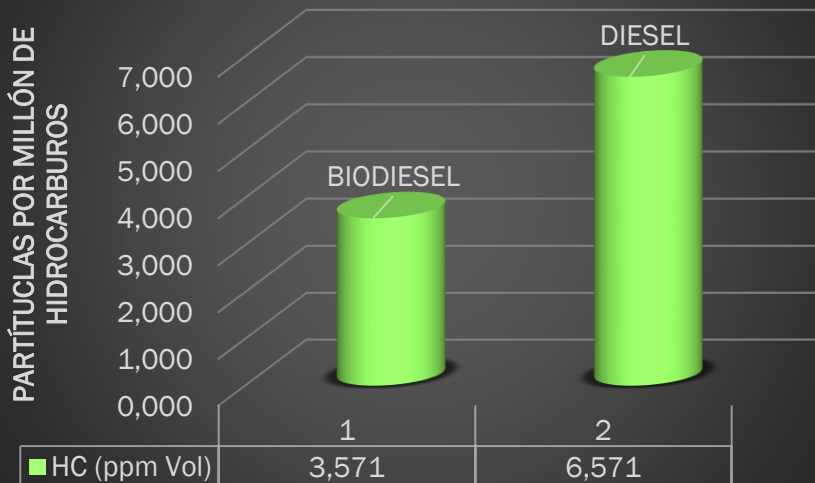
### CO (% Vol)



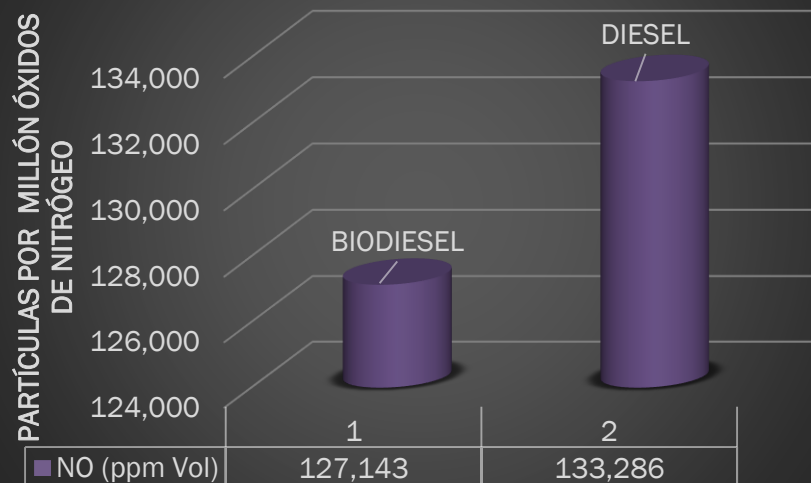
### CO2 (% Vol)



### HC (ppm Vol)



### NOx (ppm Vol)







# TALENTO HUMANO

Grupo de Talento de apoyo	Carolina Villacís	Investigadores
	David Burgos	Investigadores
	Germán Erazo	Director del Proyecto de Titulación Colaborador SAEM R&D
	Marcos Gutiérrez	Director SAEM R&D
	Caterine Donoso	Colaboradora SAEM R&D
	Leonidas Quiroz	Jefe de Laboratorio Mecánica de Patio (Medición Análisis de Gases)
	Miguel Villa	Jefe de Laboratorio de Química (Uso de instrumentación)
	Luis Mena	Jefe de Laboratorio de Motores (Uso de instrumentación)



# COSTOS DE OBTENCIÓN

Gastos obtención biodiesel				
N°	Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Aceite	20 lt	0	0,00
3	Metanol	15 lt	40,10	120,30
4	Óxido de calcio	200 g	5,60	11,20
5	Consumo energía eléctrica	193,44 KW hora/ día	0,04	7,73
<b>TOTAL</b>				<b>139,23</b>

Producir 10 lt de biodiesel tiene un costo de \$ 139,23; es decir, producir un litro de biodiesel cuesta alrededor de \$13,92.



### Gastos pruebas realizada

N°	Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Tipificación del aceite	1	28	28,00
2	Caracterización del diesel	1	212,80	212,80
3	Caracterización de las mezclas biodiesel	5	433,20	2166,00
4	Pruebas de torque y potencia CCICEV	2	67,50	135,00
5	Prueba emisiones de gases	14	20	280,00
<b>TOTAL</b>				<b>2821,80</b>

### Gastos consumo de energía

N°	Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Consumo energía eléctrica	193,44 KW hora/ día	0,04	7,73

# CONCLUSIONES

- × Se caracterizó la mezcla combustible diesel a partir de aceite de frituras en concentración 5% - 10% - 15% - 20% - 25% con lo cual se determinó los parámetros térmicos y mecánicos del motor de combustión interna de la camioneta Mazda bt-50, en este caso no se tomó en cuenta el 30% porque se requería apreciar de mejor forma los resultados obtenidos en la caracterización y al estar un rango de 5% se logró cumplir con las gráficas establecidas por la caracterización.
- × Se recopiló información pertinente para el desarrollo del estudio el cual aportó en gran magnitud el uso de libros, artículos y fuentes bibliográficas.
- × Se efectuó la tipificación del aceite de frituras para verificar su utilidad y con la cual se desarrolló los cálculos que determinaron la cantidad de catalizador y metanol a ser utilizado en el proceso de transesterificación.



- × El catalizador que fue utilizado en el proceso de transesterificación no es contaminante y no emite gases algunos por lo cual puede ser puesto en la tierra porque neutraliza los terrenos ácidos aportando a la agricultura.
- × En el proceso de obtención de biodiesel se puede recuperar el metanol, el cual puede ser reutilizado mediante el proceso de destilación.
- × Se obtuvo el biodiesel a partir de aceite de frituras, se recolectaron 4 litros en aproximadamente un mes esto debido al proceso ya que son varios parámetros que se deben cumplir para lograr el mismo.



- ✘ Se determinó la proporción del 5% como mezcla óptima ya que contiene un punto de inflamación del  $65,2^{\circ}\text{C}$  el cual se relaciona directamente con la condición de iniciar una combustión al aplicarle una fuente de calor claramente en el arranque en frío; el poder calorífico esta proporción contiene una pequeña disminución en relación al diesel normal por lo que no afecta en el rendimiento del motor; la viscosidad cinemática en esta proporción nos permite evitar problemas de pulverización además de ser la proporción que contiene menor cantidad de azufre en relación al diesel por lo cual es recomendable el uso de la proporción de 5% porque existe mayor protección del ambiente al disminuir las emisiones contaminantes.



- × Se logró evidenciar con el biocombustible B5 se presenta un buen desempeño de potencia con un aumento de 4,14 % con respecto al diesel, en cuanto al torque se puede observar una disminución en porcentaje de 1,98% en relación al torque con diesel al 100%, por lo cual se recomienda realizar pruebas en otros vehículos para hacer relaciones en cuanto al aumento o disminución de torque y potencia para hacer una relación del uso del biocombustible en varios vehículos.
- × Se establece que el motor diesel en la verificación del consumo de combustible obtiene mejor economía porque rinde más potencia por hora de acuerdo a la masa de combustible que es consumido.
- × Los valores de opacidad con el uso del biodiesel son menores a diferencia del uso del diesel, se constató con el uso de dos equipos con los cuales se obtuvieron buenos resultados, se observó que el motor diesel convencional genera más contaminación a diferencia del biodiesel a medida que se aumenta el porcentaje disminuye la polución es decir a un valor 0,40 m-1 corresponde a 14,78%, se puede sustentar que existe una disminución de contaminación y reducción de la polución en un 85,22%.



- × Producir 10 litros de biodiesel tiene un costo de \$ 139,23; es decir, producir un litro de biodiesel cuesta alrededor de \$13,92, pero se debe considerar que al ser B5 se utiliza como aditivo para el diesel. Los aditivos que se ofertan en el mercado tienen un costo de 15 dólares pero dependiendo del fabricante y la cantidad que contiene. Entonces es considerado rentable la producción de este biocombustible.





# RECOMENDACIONES

- × Se recomienda proyectos de investigación posteriores que desarrollen un reactor de agitación para obtención de biodiesel ahorrando tiempo y energía porque el reactor que se utilizó fue uno a escala siendo la producción muy pequeña necesitando gran cantidad de tiempo y energía.
- × Realizar la calibración previa de los equipos para no tener errores en la obtención de datos.
- × Utilizar equipos de seguridad como gafas, mascarillas, guantes, mandil en el proceso de obtención de biodiesel para evitar accidentes.



- ✘ Desarrollar investigaciones que abarque el uso de biocombustibles a partir de aceite de frituras con otro tipo de catalizadores para determinar que catalizadores pueden ser utilizados verificando las ventajas y desventajas de los mismos en el proceso de obtención de biodiesel.
- ✘ Se recomienda el manejo adecuado de los equipos e instrumentos utilizados para evitar daños de los mismos.



***EL GENIO SE HACE CON 1% DE TALENTO, Y UN  
99% DE TRABAJO.***

***ALBERT EINSTEIN***