



**“CARACTERIZACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL ACEITE OBTENIDO DE LAS SEMILLAS DE GIRASOL PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO DIESEL EN PROPORCIONES DE 2%, 5%, 10%, 15%, 25% Y 50% CUANDO SE LO UTILIZA COMO BIOCOMBUSTIBLE.”**



**Autor:  
Joel Asas**

**Director:  
Germán Erazo**



# ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

- El diesel como combustible para maquinaria pesada fue de gran ayuda durante el desarrollo de la industria, pero por varias décadas ha demostrado que conlleva efectos nocivos hacia el medio ambiente especialmente hacia la atmosfera.
- Con el avance de la tecnología automotriz se ha logrado que el diesel pueda ser usado como combustible en camionetas pequeñas y automóviles tipo turismo, esto solo ha servido para denotar más el problema ambiental que causa.
- La cantidad de automotores que usan diesel ha ido aumentando con el tiempo creando mayor cantidad de smog dentro de zonas urbanas y causando una dependencia del petróleo.



- En el Ecuador el diesel premium con un máximo de 500 ppm de contenido de azufre es destinado solo para el Distrito Metropolitano de Quito y Cuenca mientras que el diesel con un máximo de 700 ppm de azufre para el resto del país.
- Bravo E. (2010) afirma “El exceso de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera produce una capa traslúcida, parecida a un invernadero que permite que la radiación solar entre al planeta, pero que no pueda salir durante la noche.” (pág. 16).
- Este efecto es también denominado efecto de invernadero y estudios epidemiológicos han mostrado que la exposición prolongada a este tipo de contaminantes puede causar enfermedades al sistema respiratorio.



# JUSTIFICACIÓN

- En la misión de reducir las emisiones de gases contaminantes se han creado de nuevas fuentes de energía que puedan ser usadas como combustibles alternativos reduciendo la dependencia de combustibles provenientes de yacimientos petroleros como la gasolina y el diesel.
- La investigación se justifica en el hecho de usar una de esas fuentes como el biodiesel de aceite de girasol, buscando proporciones adecuadas en una mezcla diesel-biodiesel para usarse como combustible alternativo que favorezca en rendimiento, emisión de gases, calidad y costos de producción.
- También se planea dar continuidad a investigaciones previas cumpliendo con los objetivos del plan nacional del buen vivir de garantizar los derechos de la naturaleza junto a la sostenibilidad ambiental asegurando la seguridad de los sectores estratégicos para la transformación industrial con visión a garantizar una fuente de trabajo digno.



### **Problema**

Elevadas emisiones y opacidad generadas de motores de combustión interna ciclo diesel

### **Objetivo general**

Caracterizar el biodiesel obtenido del aceite de las semillas de girasol utilizado como combustible alternativo para reducir las emisiones contaminantes manteniendo los parámetros térmicos y mecánicos de funcionamiento del motor de combustión interna ciclo diesel.

### **Objeto de estudio**

Mezclas biocombustible entre diesel y biodiesel de girasol.

### **Campo de acción**

Biodiesel de aceite de girasol como energía alternativa en motores de combustión interna ciclo diesel.



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Llevar a cabo la obtención de un biodiesel de buena calidad de manera casera con materiales baratos de fácil adquisición y que no sean de grave riesgo para la salud
- Realizar pruebas químicas de laboratorio que me permitan caracterizar un biodiesel de aceite de girasol en proporciones de: 2%, 5%, 10%, 15%, 25% y 50%.
- Establecer los parámetros mecánicos comparativos del motor ciclo diesel cuando se trabaja con mezclas de diesel y biodiesel de aceite de girasol en proporciones de: 2%, 5%, 10%, 15%, 25% y 50%.
- Obtener resultados relevantes de funcionamiento del motor de combustión interna cuando trabaja con diesel comercial y biocombustible.
- Tabular los datos obtenidos durante la investigación para poder registrarlos y compararlos de manera estadística.



## HIPÓTESIS

- ¿El uso de combustibles alternativos como el biodiesel obtenido de aceite de semillas de girasol en un motor de combustión interna ciclo diesel permite mejorar los parámetros mecánicos y térmicos?

# REFERENTES TEÓRICOS.

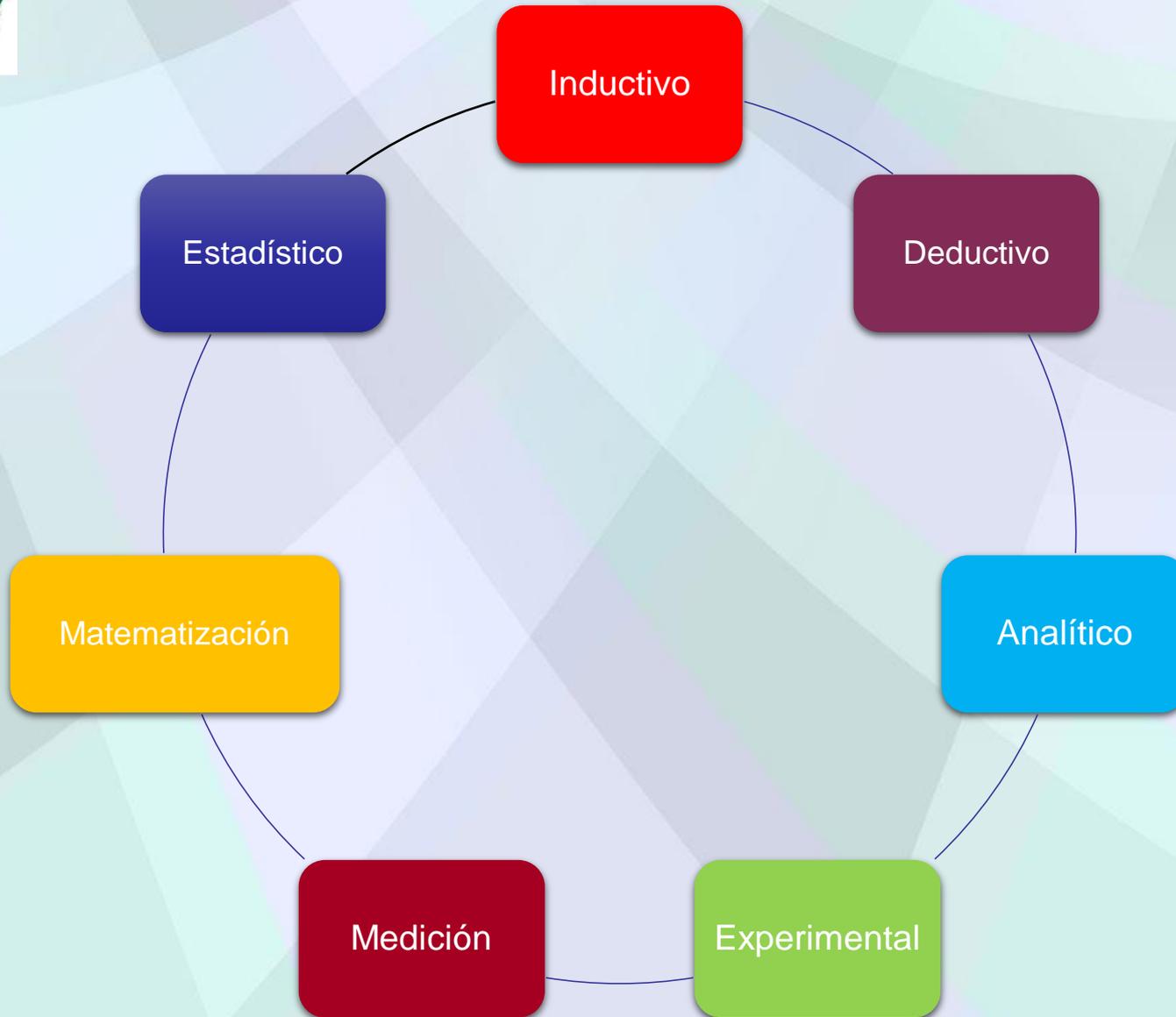
Castro P. (2007) afirma, “El biodiesel es un combustible renovable derivado de aceites o grasas de origen vegetal o animal. El prefijo bio hace referencia a su naturaleza renovable y biológica (...); mientras que diésel se refiere a su uso en motores de este tipo.” (pág. 40).

Querini C. (2010) afirma, “Cuando la grasa o el aceite reaccionan con el alcohol, se obtienen dos productos, uno es el biodiesel (que es una mezcla de compuestos) y otro es la glicerina” (pág. 226).

Ganduglia F. (2009) afirma, “El aceite utilizado para la fabricación del biodiesel por transesterificación debe presentar unas características determinadas para que el biocombustible final cumpla con las especificaciones deseadas.” (pág. 3)



# METODOLOGÍA DEL DESARROLLO





# PROCEDIMIENTO

- El proceso se hizo de manera casera siguiendo informes mostrados por productores encontrados en las fuentes de información establecidas, se analizó cuáles serían los materiales, cantidades de aceite y catalizador necesarios para obtener el biodiesel requerido para las pruebas.

Muestra	Porcentajes por muestra (%)		Cantidad (cc)	
	Biodiesel	Diesel	Biodiesel	Diesel
Diesel	0	100	0	4000
B2	2	98	80	3920
B5	5	95	200	3800
B10	10	90	400	3600
B15	15	85	600	3400
B25	25	75	1000	3000
B50	50	50	2000	2000
B100	100	0	4000	0



# MATERIALES



- Dos envases de tres litros hechos de polipropileno (PP), un cubo transparente de diecisiete litros con dispensador y tapa fabricado de tereftalato (PET) y otro de doce litros fabricado de polietileno de alta densidad (PEAD):



- Para el lavado se requirió de un sistema dispensador de aire con bomba de acuario y piedras disipadoras de aire redondas



# PROTECCIÓN PERSONAL



- Las gafas protectoras y mascarilla que cumplen con los requisitos del producto establecidos en la norma RTE INEN 216.
- Guantes para la protección de manos que cumplan con los requisitos de la norma RTE INEN 270.
- El mandil que cubre la parte delantera del cuerpo desde el pecho hasta las piernas, debe cumplir con los requerimientos de la norma PRTE INEN 282.



# TRASESTERIFICACIÓN

- Características del aceite

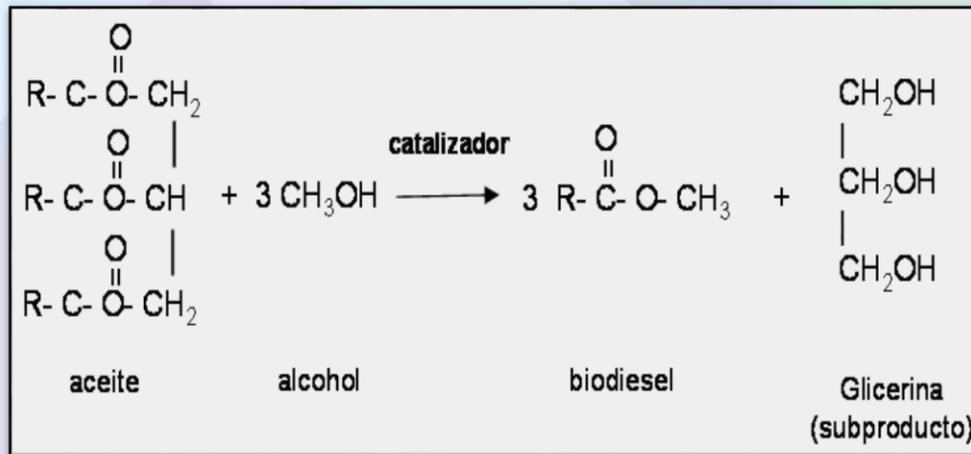
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO/NORMA
Índice de acidez (oleico)	mg/g	0.14	NTE INEN-ISO 660:2013
Índice de saponificación	mg/g	183.13	NTE INEN-ISO 3657:2013

Fuente: Laboratorio de Alimentos, Universidad Central del Ecuador.

- Preparación del catalizador.

Pelly M. (2003) afirma, “Cada litro de aceite que no ha sido cocinado (aceite nuevo) necesita 3,5 gr de catalizador para la reacción. Por eso hay que sumar 3,5 gr de catalizador por cada litro de aceite que se vaya a transesterificar.”

W.biodiesel (acidez+3.5 grNaOH/g)  
10 (1.4 grKOH/gr+3.5 grNaOH/g)  
10 (4.9 grKOH/gr)=49 grNaOH



- El aceite a la temperatura adecuada y el metóxido se vertieron en el cubo de doce litros, los fluidos estaban separados por densidad de los líquidos

Metóxido de Sodio

Aceite





- La reacción hizo que los ácidos grasos se separen de la glicerina hasta tener un líquido amarillo rojizo demostrando que la reacción se ha completado.



- La glicerina se decantó del recipiente dejando pasar un poco del biodiesel para que se lleve los restos de glicerina que pudieron haberse quedado en la base del recipiente.





- **Lavado**

Para el lavado se vertió el biodiesel con la mitad de la cantidad de su volumen en agua en el balde con dispensador



- el biodiesel emanaba un olor fuerte que se produce al evaporarse el alcohol del biocombustible cuando se calienta el aceite por el burbujeo





- Cantidades requeridas para muestras de 500cc.

Tipo	diesel (cc)	biodiesel (cc)
B2	10	490
B5	25	475
B10	50	450
B15	75	425
B25	125	375
B50	250	250





- Obtención de densidades

Combustible	masa ( $m$ ) $g$	volumen ( $v$ ) $cc$	densidad ( $\rho$ )	
			$g/cc$	$kg/m^3$
Diesel	83,15	100	0,832	831,5
B2	83,1	100	0,831	831
B5	83,32	100	0,833	833,2
B10	83,19	100	0,832	831,9
B15	83,64	100	0,836	836,4
B25	83,74	100	0,837	837,4
B50	84,52	100	0,845	845,2
B100	86,05	100	0,861	860,5





# OBTENCIÓN DEL PODER CALORÍFICO



*Consola y bomba calorimétrica Gallempack.*

- *Constantes en pruebas de poder calorífico.*

Capacidad calorífica del calorímetro	Peso de la muestra ( $m$ )	Temperatura inicial ( $T_0$ )
(C)	$g$	$^{\circ}C$
$J/^{\circ}C$		
9218.18	0.8	21



- Ejemplo de cálculo

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD	UBICACIÓN
Peso de la muestra	$m$	0.8	g	Tabla 16
Temperatura inicial	$T_0$	21	°C	
Capacidad calorífica del calorímetro	$C$	9818.18	$J/°C$	
Muestra	diesel	-	-	-
Temperatura final	$T_f$	24.7 (PCI)	°C	Tabla 17
		25 (PCS)		Tabla 18

$$\Delta T = T_f - T_0$$

$$\Delta T = 24.7^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 3.7^\circ\text{C} \text{ (Para PCI)}$$

$$\Delta T = 25^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 4^\circ\text{C} \text{ (Para PCS)}$$

$$E = C \cdot \Delta T$$

$$E = 9818.18 \text{ J}/^\circ\text{C} \cdot 3.7^\circ\text{C}$$

$$E = 34107,27 \text{ J} \text{ (Para PCI)}$$

$$E = 9818.18 \text{ J}/^\circ\text{C} \cdot 4^\circ\text{C}$$

$$E = 36872,72 \text{ J} \text{ (Para PCS)}$$

$$Q = \frac{E}{m}$$

$$Q \text{ (PCI)} = \frac{34107,27 \text{ J}}{0.8 \text{ g}}$$

$$Q \text{ (PCI)} = 42634,09 \text{ J}/\text{g}$$

$$Q \text{ (PCS)} = \frac{36872,72 \text{ J}}{0.8 \text{ g}}$$

$$Q \text{ (PCS)} = 46090,9 \text{ J}/\text{g}$$



- Variables de poder calorífico inferior

Muestra	Temperatura final ( $T_f$ ) °C	Variación de temperatura ( $\Delta T$ ) °C	Energía total liberada ( $E$ ) $J$	Poder calorífico ( $PCI$ ) $J/g$
Diesel	24,7	3,7	34107,27273	42634,09091
B2	24,62	3,62	33369,81818	41712,27273
B5	24,55	3,55	32724,54545	40905,68182
B10	24,51	3,51	32355,81818	40444,77273
B15	24,5	3,5	32263,63636	40329,54545
B25	24,36	3,36	30973,09091	38716,36364
B50	24,27	3,27	30143,45455	37679,31818
B100	24,2	3,2	29498,18182	36872,72727



- Variables de poder calorífico superior

Muestra	Temperatura final ( $T_f$ ) °C	Variación de temperatura ( $\Delta T$ ) °C	Energía total liberada ( $E$ ) $J$	Poder calorífico ( $PCS$ ) $J/g$
Diesel	25	4	36872,72727	46090,90909
B2	24,92	3,92	36135,27273	45169,09091
B5	24,76	3,76	34660,36364	43325,45455
B10	24,69	3,69	34015,09091	42518,86364
B15	24,66	3,66	33738,54545	42173,18182
B25	24,58	3,58	33001,09091	41251,36364
B50	24,34	3,34	30788,72727	38485,90909
B100	24,33	3,33	30696,54545	38370,68182



- Poder calorífico neto.

Muestra	Poder calorífico neto ( $Q_{NETO}$ )	
	$J/g$	$MJ/kg$
Diesel	44362,500	44,363
B2	43440,682	43,441
B5	42115,568	42,116
B10	41481,818	41,482
B15	41251,364	41,251
B25	39983,864	39,984
B50	38082,614	38,083
B100	37621,705	37,622





# CARACTERIZACIÓN DE LAS MEZCLAS

- Límites en especificación del biodiesel

Descripción	Propósito, importancia y posibles efectos.
<b>Densidad API</b>	Depende del aceite y de la transesterificación. Un valor bajo indica excesivo resto de alcohol.
<b>Punto de inflamación</b>	Seguridad contra incendios, un bajo valor puede provocar problemas en el manipuleo, transporte y almacenamiento.
<b>Sedimento básico y agua</b>	Un exceso de agua puede causar corrosión y proveer la proliferación de microorganismos. Exceso de agua ocasiona problemas de hidrólisis (aparición de ácidos grasos libres), un alto valor indica presencia de insaponificables, jabones e impurezas mecánicas que dan lugar a cenizas sulfatadas que obstruyen filtros.
<b>Viscosidad cinemática</b>	Satisfactoria combustión, se deben evitar valores mayores, una valor bajo del rango puede resultar ventajosa para motores que requieran menor potencia en la bomba de inyección y en la salida de los inyectores. Bajos valores indican exceso de metanol, altos valores indican degradación térmica y oxidativa, presencia de aceite sin reaccionar y pueden provocar problemas en los inyectores y sistema de bombeo.
<b>Corrosión a la lámina de cobre</b>	Indica dificultades con componentes de bronce, latón o cobre, la presencia de ácidos o de compuestos con azufre puede deteriorar la lámina de cobre indicando la posibilidad de ataque corrosivo. Altos valores provocarían problemas de corrosión durante el almacenamiento y en el motor.
<b>Índice de cetano calculado.</b>	Es una medida de la calidad de ignición del combustible y del proceso de combustión. Los requerimientos dependen del tamaño y diseño del motor, de la naturaleza de las variaciones de velocidad y carga, y de las condiciones atmosféricas.



- Requisitos para combustibles diesel según norma NTE INEN 1489 2016 octava revisión

Requisito	Unidad	Diesel 1		Diesel 2		Diesel premium		Método de ensayo
		min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	
Punto de inflamación	°C	40	--	51	-	51	-	ASTM D93
Contenido de agua y sedimento	% (a)	-	0.05	-	0.05	-	0.05	ASTM D2709
Viscosidad cinemática a 40%	$\frac{mm^2}{s}$	1.3	2.4	2	5	2	5	ASTM D445
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	288	-	360	-	360	ASTM D86
Corrosión a la lámina de cobre	-	-	1 a	-	1 a	-	1 a	ASTM D130
Índice de cetano calculado	-	No aplica		45	-	45	-	ASTM D976

(a) % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

(b) % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

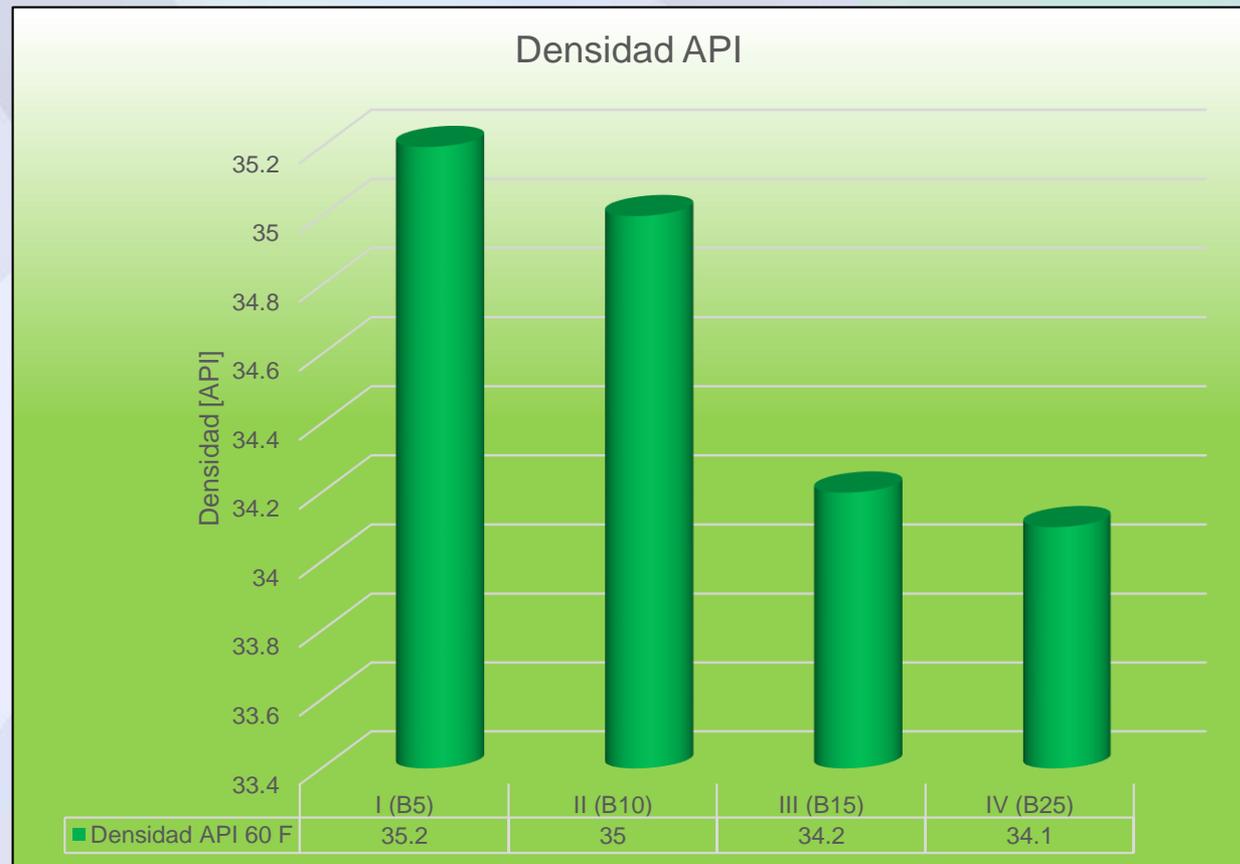
(c) La determinación del contenido de biodiesel se debe realizar cuando este adicionado en el diesel.



- Densidad API a 60 °F (ASTM 287)

- Se mide llenando una probeta con la muestra calentada a 90°F, se sumerge un hidrómetro API completamente de tal manera que se pueda dar lectura de la medida obtenida, la medida debe ser corregido para conseguir la densidad API a 60°F.

$$\text{API} = \frac{141.5}{\text{peso específico } 15.5^{\circ}\text{C}} - 131.5$$



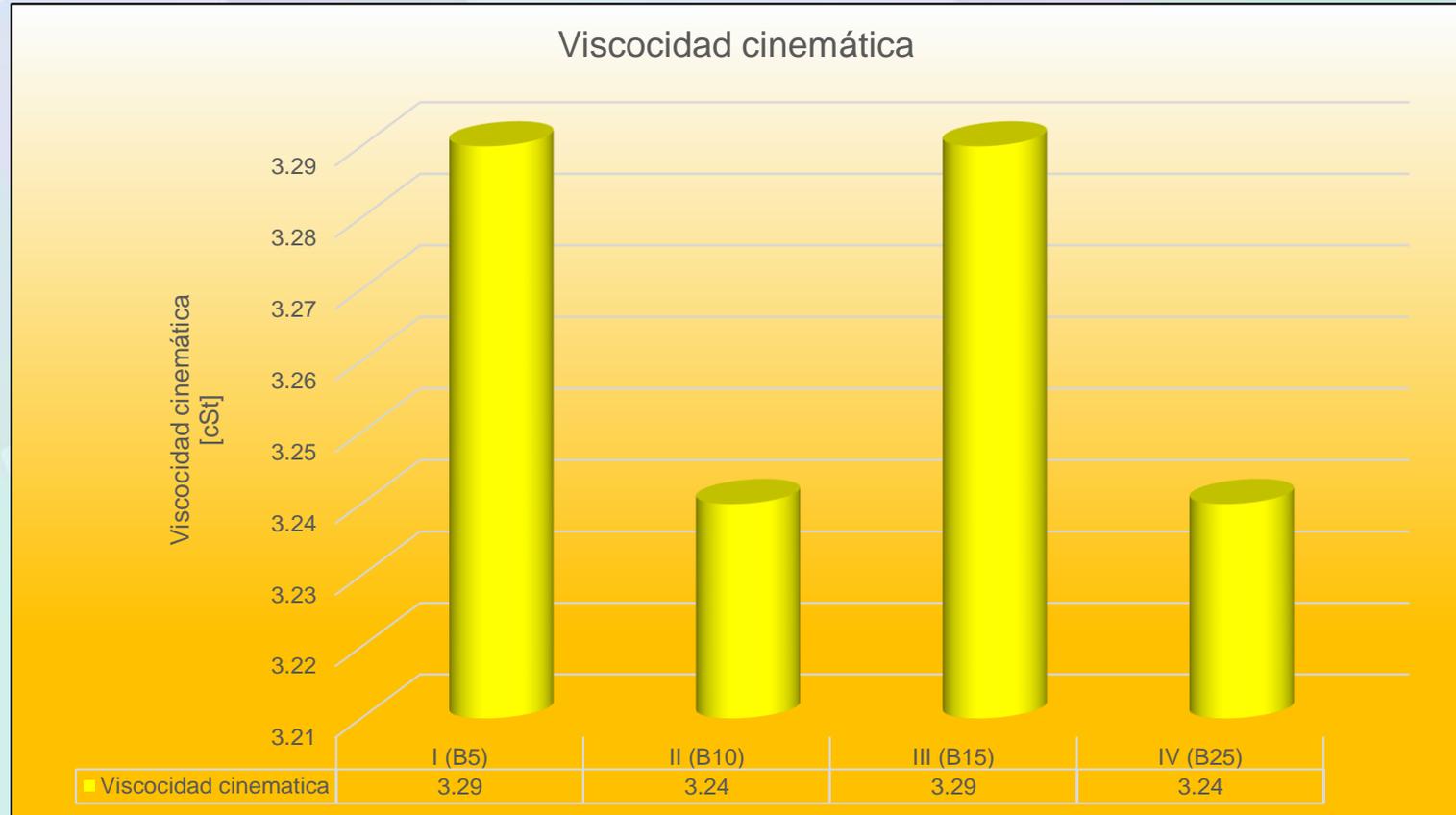


- Viscosidad cinemática ASTM D-445

- Se usa un viscosímetro calibrado en vertical bañado con un líquido transparente, el sistema debe estar a 37.8°C. Por medio de un vacío se succiona la muestra hasta el límite inicial y se suelta para que fluya hasta el límite final del viscosímetro, se mide el tiempo en que fluyo el líquido entre ambos límites.

$$V = C \cdot t$$

Norma: 2 - 5





- Punto de inflamación ASTM D-93 (Pensky-Martens)

- Se llena una copa de cobre y se sella con un agitador automático, se calienta la muestra mientras es agitada y se acerca una fuente de encendido a la copa en intervalos hasta que el punto de inflamación sea detectado cuando aparezca una llama en la superficie del líquido



Norma: mín. 51



- Sedimento básico y agua (%BSW) ASTM D-4007

- Se llena los tubos con 50cc de líquido y se los calienta en baño maría hasta 60°C, se los pone en la centrifuga por 10 minutos a 600 rpm para dar lectura a los volúmenes de agua y sedimento, se repite hasta que los volúmenes sean constante dos lecturas seguidas.



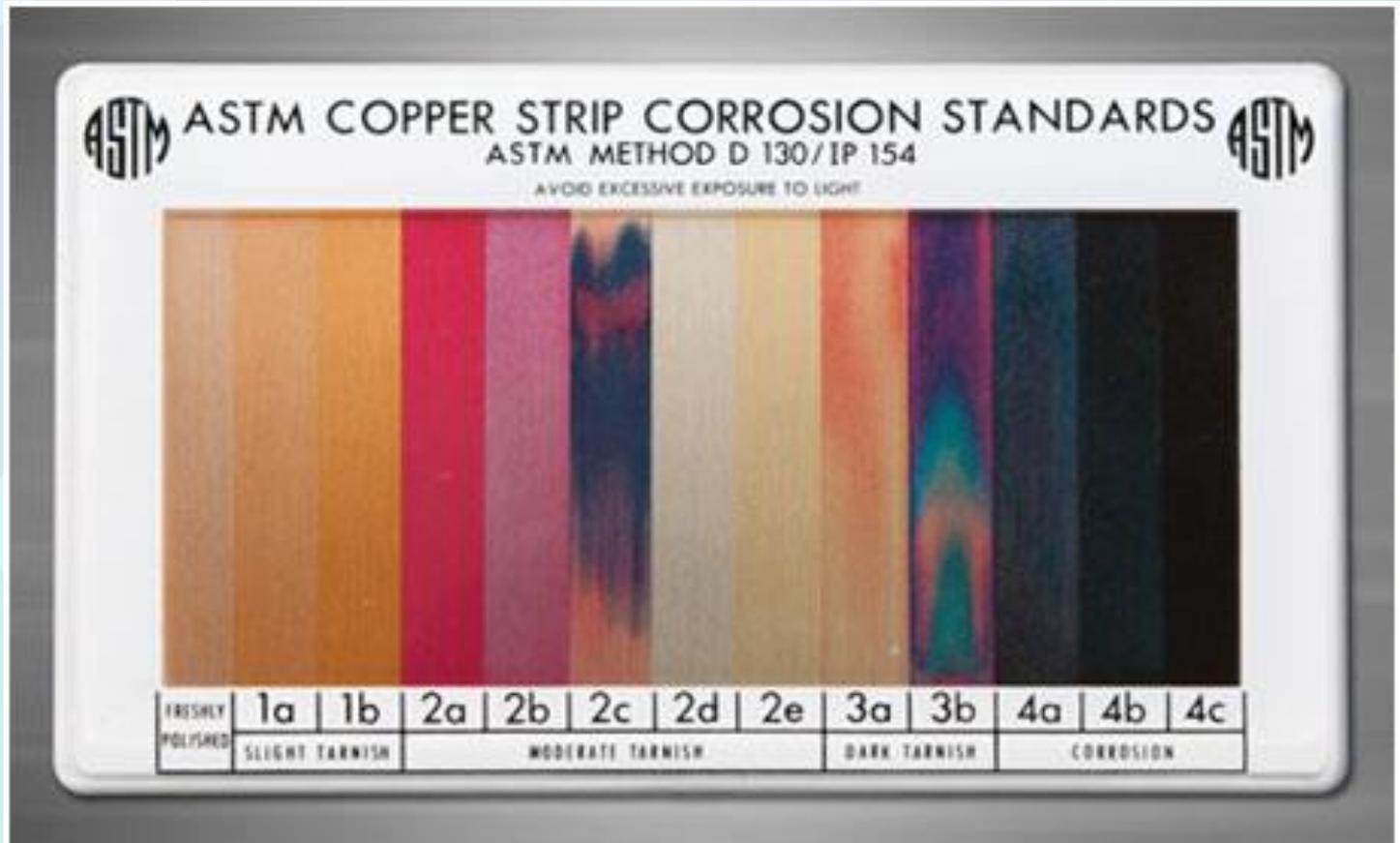
Norma: max. 0,05



- Corrosión a la lámina de cobre ASTM D-130

- Se realiza tomando una placa de cobre limpiada con lija de aluminio o carburo de silicio, se sumerge en la muestra calentada a 100°C durante 24 horas, la lámina se seca por presión con papel filtrante y la corrosión se la establece por medio de una tabla de estándares ASTM

Norma: max. 1a





- Índice de cetano calculado INEN 1 495 1986

- Se calcula usando la temperatura del 50% a 760 mm Hg de recuperado determinado por corrección barométrica de la temperatura por medio de la ecuación de Sidney Young.

$$M = 0,00012(760 - P)(273 + t^{\circ}\text{C})$$

$P$  = Presión barométrica en el momento del ensayo (mm Hg)

$t^{\circ}\text{C}$  = Temperatura leída ( $^{\circ}\text{C}$ )

$M$  = Temperatura del 50% a 760 mm Hg. ( $^{\circ}\text{C}$ )

- Con el dato calculado y la densidad API se utiliza la siguiente ecuación

$$IC_c = 420.34 + 0.016d^2 \log M + 65.01(\log M^2) - 0.0001809M^2$$

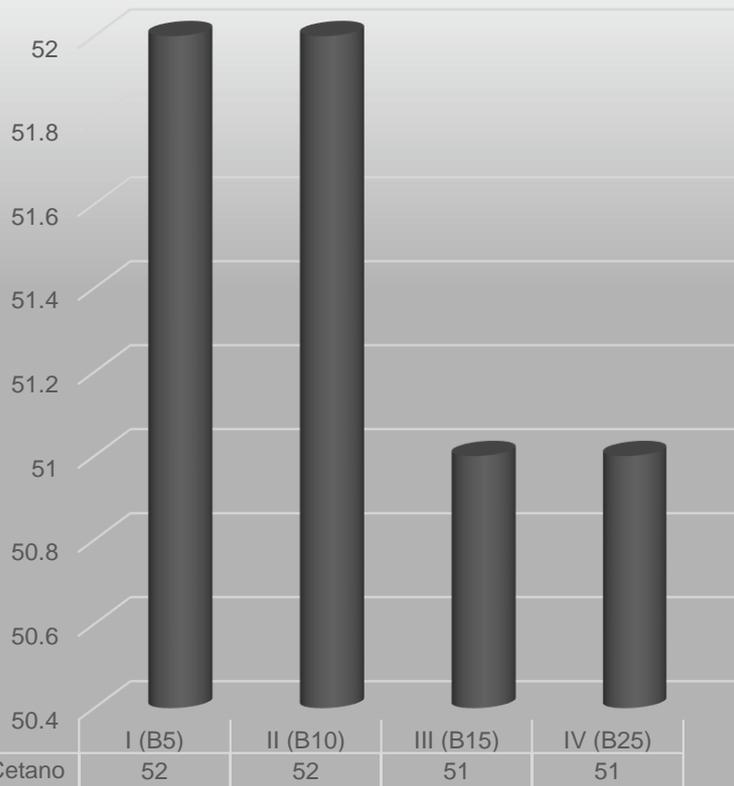
$d$  = Densidad API

$M$  = Temperatura del 50% a 760 mm Hg. ( $^{\circ}\text{F}$ )

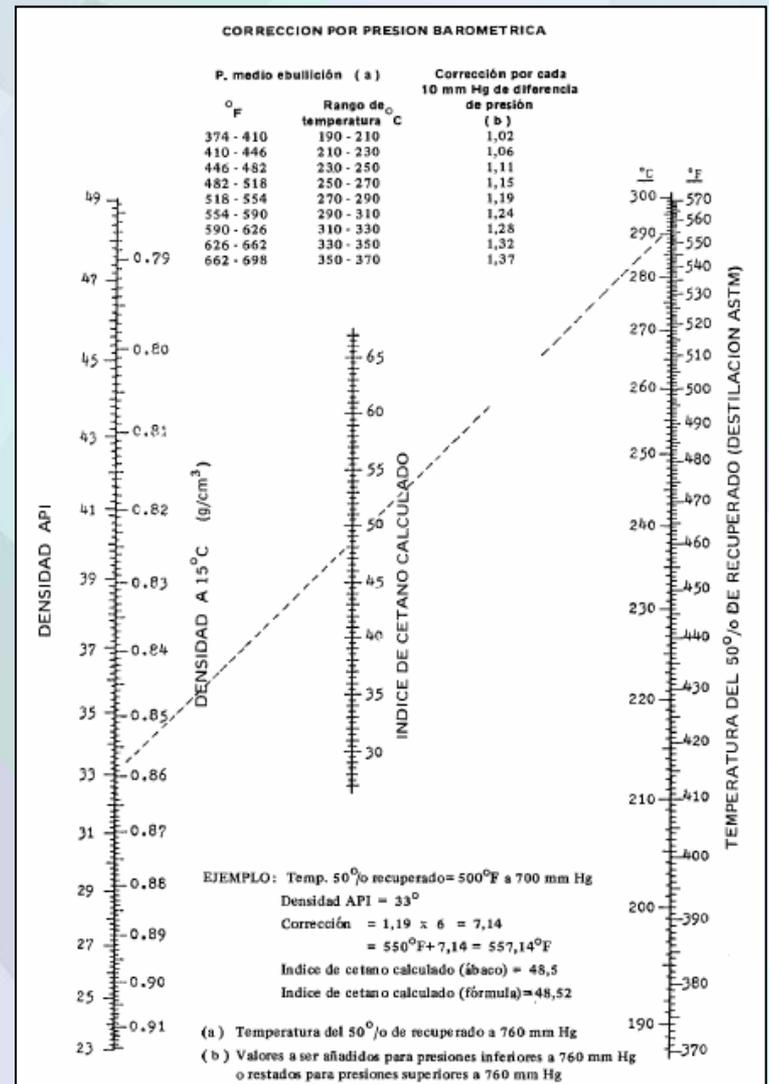
$IC_c$  = Índice de cetano calculado.



### Índice de cetano calculado.



Norma: mín. 45



- Ábaco para índice de cetano



- Caracterización de las muestras  
Laboratorio de Ingeniería Química, Universidad Central

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS			
			I (5%)	II (10%)	III (15%)	IV (25%)
Densidad API 60 °F	API	PNE/DPEC/P/ASTM D-287	35,2	35	34,2	34,1
Punto de inflamación	C	PNE/DPEC/P/ASTM D-93	65,2	64,2	69,1	69,2
Sedimento básico y agua (%BSW)	% Vol	ASTM D-4007	0,025	0,025	0,025	0,025
Viscosidad cinemática	cSt	PNE/DPEC/P/ASTM D-445	3,29	3,24	3,29	3,24
Corrosión a la lámina de cobre	Unidad de corrosión	PNE/DPEC/P/ASTM D-130	1a	1a	1a	1a
Índice de cetano calculado	-	Protocolo de pruebas	52	52	51	51



# ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS USANDO EL BIODIESEL

<b>BANCO DE PRUEBAS:</b>	<b>PLINT TE-46</b>		
<b>MOTOR:</b>	PETTER AA1		
<b>SITEMA DE ALIMENTACION:</b>	Inyección directa con bomba lineal.		
<b>CONSTANTES</b>	Símbolo	Unidad	Valor
<b>Diámetro</b>	$\theta$	$m$	0,07
<b>Carrera</b>	$s$	$m$	0,087
<b># Cilindros</b>	$i$	-	1
<b>Velocidad Máxima</b>	$V_{max}$	$rpm$	3600
<b>Velocidad Mínima</b>	$V_{min}$	$rpm$	1200
<b>Volumen de prueba</b>	$V_p$	$cc$	25
<b>Brazo de palanca.</b>	$B_p$	$m$	0,285



Motor diesel PETTER AA1

Características del banco de pruebas



- Elementos constitutivos



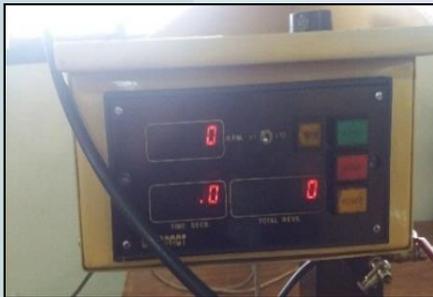
Medidor de muestra



Sensor MAF



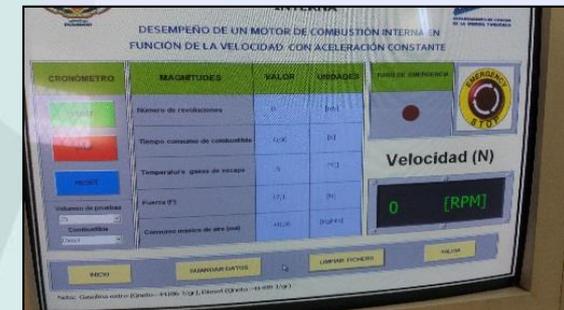
Panel de control



Contador electrónico



Motor - Generador



Software TIA de recolección de datos



- Obtención de datos



Caudal de combustible



Tiempo y número de vueltas



Valores de sensores.



- *Número de vueltas.*

N (rpm)	#vueltas							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	2776	2447	2992	2861	2843	2826	2805	2471
3400	2846	2437	2940	2824	2812	2810	2783	2467
3200	2757	2435	2816	2785	2802	2789	2776	2473
3000	2793	2498	2785	2851	2808	2804	2831	2484
2800	2897	2508	2847	2905	2867	2820	2851	2507
2600	2844	2546	2850	2915	2868	2887	2859	2531
2400	2866	2558	2912	2900	2906	2881	2887	2529
2200	2855	2530	2899	2937	2910	2870	2882	2552
2000	2773	2459	2863	2849	2835	2855	2869	2493
1800	2700	2367	2757	2755	2747	2759	2759	2453
1600	2551	2326	2650	2599	2600	2613	2616	2427
1400	2405	2330	2511	2527	2551	2481	2516	2461
1200	2285	2326	2443	2425	2461	2431	2455	2442



- *Tiempo de consumo.*

<i>N</i> (rpm)	<i>t</i> (s)							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	46,2	40,9	49,8	47,9	47,5	47,3	47,2	41,6
3400	50,2	43	51,9	49,9	49,8	49,8	49,3	43,7
3200	51,8	45,8	53	53	52,7	52,5	52,2	46,6
3000	56,5	50,2	56	57,2	55,7	56	57,1	50,2
2800	62,1	54	61,4	62,7	61,6	60,7	61,7	53,8
2600	65,6	59	66	67,5	66,2	66,9	66,1	58,9
2400	72,1	64,4	72,8	72,8	73,1	71,9	72,5	58,9
2200	78,2	69,3	79	80,5	79,6	78,4	78,8	70,1
2000	83,2	74,2	86,4	86,1	84,9	85,9	86,5	75,5
1800	90,4	79,1	91,8	91,6	91,7	92,6	92,3	81,9
1600	96,2	87,3	99,8	97,8	98	97,1	98,2	91,3
1400	103,5	101,6	108,5	108,7	108,6	110	111,7	105,8
1200	114,1	117,2	140,3	121,1	125,6	121,5	123	122,8



- *Velocidad real calculada.*

$$\bar{N} = \frac{\#vueltas}{t} \cdot 60$$

N (rpm)	$\bar{N}$ (rpm)							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	3605,195	3589,731	3604,819	3583,716	3591,158	3584,778	3565,678	3563,942
3400	3401,594	3400,465	3398,844	3395,591	3387,952	3385,542	3387,018	3387,185
3200	3193,436	3189,956	3187,925	3152,830	3190,133	3187,429	3190,805	3184,120
3000	2966,018	2985,657	2983,929	2990,559	3024,776	3004,286	2974,781	2968,924
2800	2799,034	2786,667	2782,085	2779,904	2792,532	2787,479	2772,447	2795,911
2600	2601,220	2589,153	2590,909	2591,111	2599,396	2589,238	2595,159	2578,268
2400	2385,021	2383,230	2400,000	2390,110	2385,226	2404,172	2389,241	2576,231
2200	2190,537	2190,476	2201,772	2189,068	2193,467	2196,429	2194,416	2184,308
2000	1999,760	1988,410	1988,194	1985,366	2003,534	1994,179	1990,058	1981,192
1800	1792,035	1795,449	1801,961	1804,585	1797,383	1787,689	1793,499	1797,070
1600	1591,060	1598,625	1593,186	1594,479	1591,837	1614,624	1598,371	1594,962
1400	1394,203	1375,984	1388,571	1394,848	1409,392	1353,273	1351,477	1395,652
1200	1201,578	1190,785	1044,761	1201,486	1175,637	1200,494	1197,561	1193,160



- *Fuerza.*

<i>N</i>	<i>F (N)</i>							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
<i>(rpm)</i>								
3600	55,4	52,6	50,3	50,8	49,9	49,25	49,8	50,53
3400	55,2	52,4	50,4	50,8	51	49,25	49,9	49,55
3200	55	52,6	51,9	51,5	51,45	50,3	49,85	49,95
3000	55,1	52,85	50,8	50,4	51,45	50,2	50,4	49,1
2800	55,45	53,3	52,6	50,6	50,35	49,45	49,2	47,2
2600	54,4	53,5	52,8	52,4	53	53,3	53	49,3
2400	55,2	54,9	48,95	52,9	54,1	50,15	54	49,8
2200	54,6	53,3	48,8	49,75	49,65	49,8	49,6	54,4
2000	54,7	52,8	50,1	49,15	49,75	49,55	49,2	49,35
1800	54,7	51,1	47,8	48,8	54	48,3	48,7	47,6
1600	56,04	51,8	48,1	47,4	48,2	50,1	50,2	49,45
1400	51,5	49,8	48,2	47,4	48,2	47,9	47,4	46,9
1200	51,6	50,5	48,65	46,9	46,8	47,4	47,4	46



- *Flujo másico de aire*

N (rpm)	$\dot{m}_a$ (kg/h)							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	30,9	28,4	28,26	28,57	28,8	28,39	29,41	28,65
3400	30,2	29,84	29,26	30,15	27,69	30	30,15	30
3200	30,6	29,85	30	30,75	30,6	30,29	30,3	30,29
3000	26,25	25,36	24,4	26,35	27,59	25,24	25,5	25,62
2800	22,24	22,67	23,22	22,69	22,56	22,46	23	22,48
2600	22,14	22,54	22,24	22,75	22,65	22,56	22,79	22,55
2400	21,41	21,13	21,22	21,52	21,32	21,64	22,03	21,72
2200	18,81	19,05	18,89	18,89	18,84	19,03	18,99	19,14
2000	18	18,13	18,13	18,27	18,58	18,35	18,35	18,31
1800	17,56	17,63	17,49	17,33	17,63	17,29	17,51	17,43
1600	16,8	16,68	16,74	16,85	16,68	16,85	16,62	16,86
1400	16,3	16,51	16,58	16,1	16,39	15,96	16,45	16,86
1200	15,81	15,9	15,8	15,71	15,85	15,8	15,94	15,76

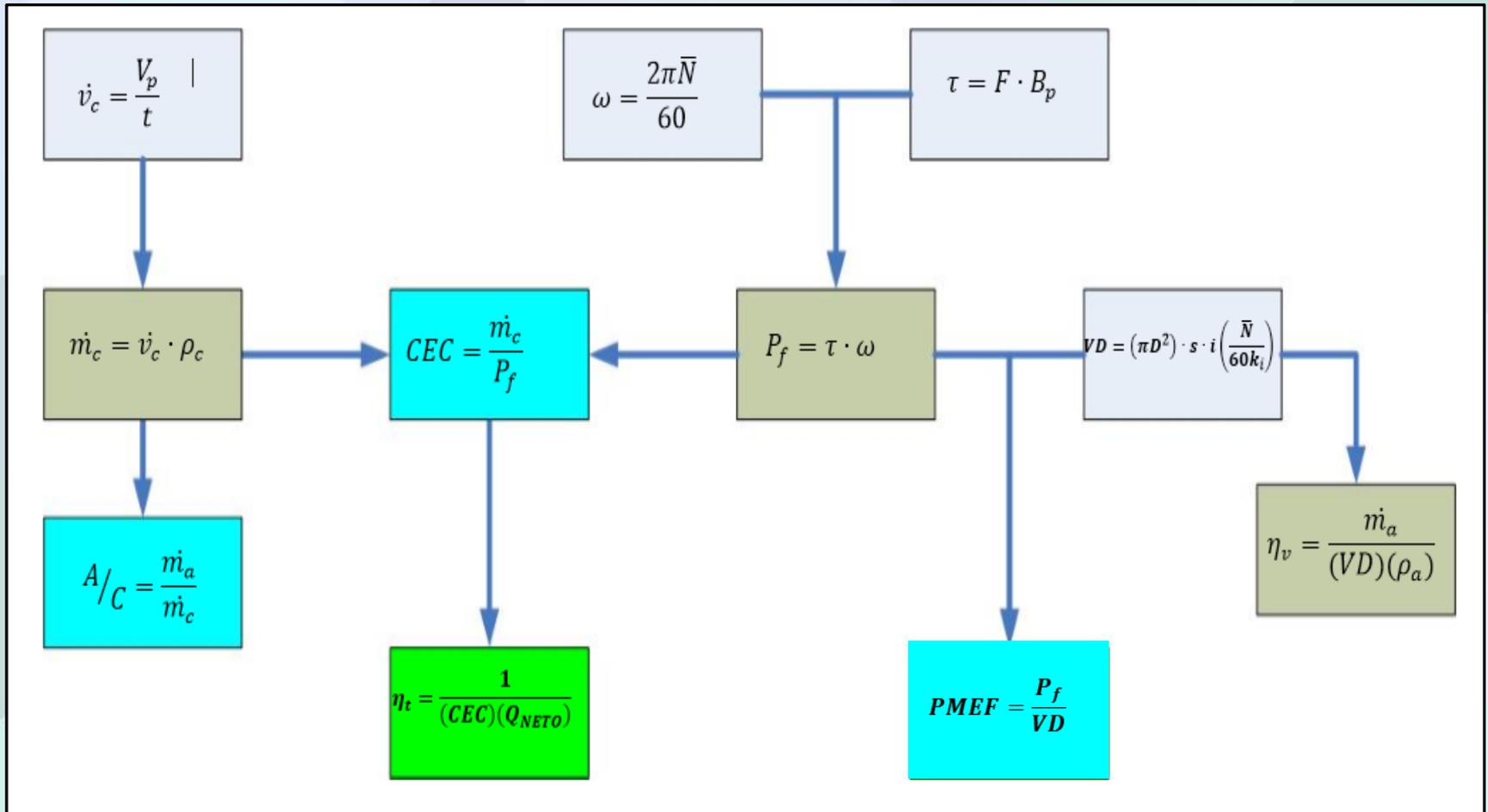


- *Temperatura de gases de escape*

<i>N</i> <i>(rpm)</i>	$T_e$ (°C)							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	125	116	120	125	122	115	117	118
3400	128	122	122	129	125	123	122	118
3200	128	124	125	130	127	123	125	119
3000	128	124	128	131	127	130	125	123
2800	128	124	126	134	129	132	127	123
2600	128	130	128	134	131	133	128	128
2400	137	132	133	134	134	133	131	130
2200	138	137	139	135	135	134	133	132
2000	140	138	140	138	135	140	133	135
1800	140	138	142	140	130	141	133	135
1600	144	142	145	140	128	140	134	137
1400	142	141	145	141	128	142	134	137
1200	137	139	140	1,36	132	140	133	138



- *Cálculo de parámetros mecánicos y térmicos*





### Primer nivel

- Se calculan caudal de combustible, velocidad, torque y consumo volumétrico de aire teórico usando los datos obtenidos de las pruebas.

### Segundo nivel

- Se calculan consumo másico de combustible, potencia el freno y eficiencia volumétrica usando los cálculos del primer nivel además de las densidades de los combustibles y la densidad del aire.

### Tercer nivel

- Se calculan relación aire combustible, consumo específico, presión media efectiva usando los cálculos del primer y segundo nivel además del consumo másico de aire

### Cuarto nivel

- Se calcula la eficiencia térmica usando el consumo específico de combustible y el poder calorífico neto.



- Ejemplo de cálculo para B2 a 3600 rpm

### Primer nivel

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Brazo de palanca	$B_p$	0,285	m
Diámetro	$D$	0,07	m
Carrera	$s$	0,087	m
# De cilindros	$i$	1	-
Tiempo de consumo	$t$	40,9	s
Velocidad real	$\bar{N}$	3589,731	rpm
Fuerza	$F$	52,6	N
Volumen de prueba	$V_p$	25	cc
Constante del dinamómetro	$k_i$	2	-

$$\omega = \frac{2\pi\bar{N}}{60}$$

$$\omega = \frac{2\pi(3589,731 \text{ rpm})}{60}$$

$$\omega = 375,916 \text{ rad/seg}$$



$$\tau = F \cdot B_p$$

$$\tau = 52,6 \text{ N} \cdot 0,285 \text{ m}$$

$$\tau = 14,99 \text{ Nm}$$

$$\dot{v}_c = \frac{V_p}{t}$$

$$\dot{v}_c = \frac{25 \text{ cc}}{40,9 \text{ s}} * 3,6 \times 10^{-3}$$

$$\dot{v}_c = 0,0022 \text{ m}^3/h$$

$$V_D = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) (s)(i) \left( \frac{\bar{N}}{60k_i} \right)$$

$$V_D = \left( \frac{\pi \cdot (0,07\text{m})^2}{4} \right) (0,087\text{m})(1) \left( \frac{3589,731\text{rpm}}{60 \cdot 2} \right)$$

$$V_D = (0,0038 \text{ m}^2)(0,087\text{m})(29,91\text{rpm})$$

$$V_D = 0,01002 \text{ m}^3/\text{min}$$



## Segundo nivel

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Densidad del combustible	$\rho$	831	$kg/m^3$
Densidad del aire	$\rho_a$	0,867	$kg/m^3$
Consumo másico de aire	$\dot{m}_a$	28,4	$kg/h$

$$P_f = \tau \cdot \omega$$

$$P_f = 14,99 Nm \cdot 375,916 \frac{rad}{s}$$

$$P_f = 5634,98 W * \frac{1 kW}{1000 W}$$

$$P_f = 5,63 kW$$

$$\dot{m}_c = (\dot{v}_c)(\rho)$$

$$\dot{m}_c = \left(0,0022 \frac{m^3}{h}\right) \left(831 \frac{kg}{m^3}\right)$$

$$\dot{m}_c = 1,82 \frac{kg}{h}$$

$$n_v = \frac{\dot{m}_a}{(VD)(\rho_a)}$$

$$n_v = \frac{28,4 \frac{kg}{h}}{\left(0,01002 \frac{m^3}{min}\right) \left(0,867 \frac{kg}{m^3}\right)}$$

$$n_v = 54,508 \%$$



### Tercer nivel

$$A/C = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_c}$$

$$A/C = \frac{28,4 \frac{kg}{h}}{1,82 \frac{kg}{h}}$$

$$A/C = 15,6$$

$$CEC = \frac{\dot{m}_c}{P_f}$$

$$CEC = \frac{1,82 \frac{kg}{h}}{5,63kW}$$

$$CEC = 0,32 \frac{kg}{kW \cdot h}$$

$$PME = \frac{P_f}{V_D}$$

$$PME = \frac{5,63kW}{0,01002 \frac{m^3}{s}}$$

$$PME = 562,64KPa$$

### Cuarto nivel

$$n_T = \frac{1}{(CEC)(Q_{NETO})}$$

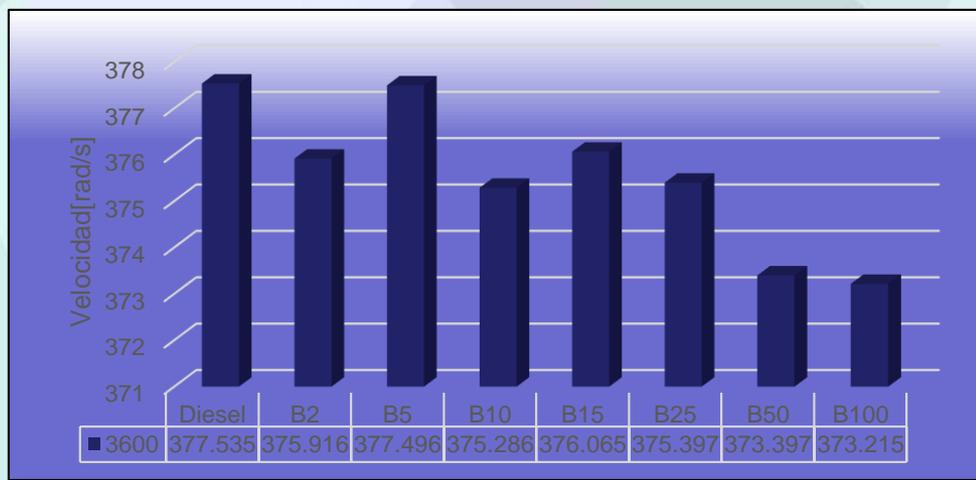
$$n_T = \frac{1}{\left(0,32 \frac{kg}{kW \cdot h}\right) \left(43,44 \frac{MJ}{kg}\right)}$$

$$n_T = \frac{1}{(0,000088)(43440)}$$

$$n_T = 0,255 * 100\% = 25,5\%$$

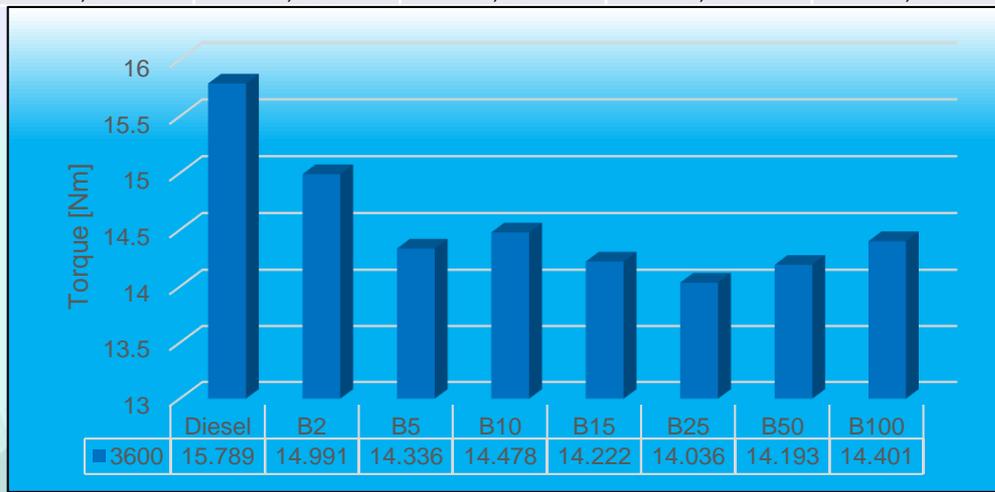
- *Velocidad Angular.*

<i>N</i>	$\omega$ (rad/seg)							
(rpm)	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	377,535	375,916	377,496	375,286	376,065	375,397	373,397	373,215
3400	356,214	356,096	355,926	355,585	354,785	354,533	354,688	354,705
3200	334,416	334,051	333,839	330,164	334,070	333,787	334,140	333,440
3000	310,601	312,657	312,476	313,171	316,754	314,608	311,518	310,905
2800	293,114	291,819	291,339	291,111	292,433	291,904	290,330	292,787
2600	272,399	271,135	271,319	271,341	272,208	271,144	271,764	269,996
2400	249,759	249,571	251,327	250,292	249,780	251,764	250,201	269,782
2200	229,393	229,386	230,569	229,239	229,699	230,009	229,799	228,740
2000	209,414	208,226	208,203	207,907	209,810	208,830	208,398	207,470
1800	187,662	188,019	188,701	188,976	188,221	187,206	187,815	188,189
1600	166,615	167,408	166,838	166,973	166,697	169,083	167,381	167,024
1400	146,001	144,093	145,411	146,068	147,591	141,714	141,526	146,152
1200	125,829	124,699	109,407	125,819	123,112	125,715	125,408	124,947



- Torque.

$N$	$\tau$ (N.m)							
(rpm)	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	15,789	14,991	14,336	14,478	14,222	14,036	14,193	14,401
3400	15,732	14,934	14,364	14,478	14,535	14,036	14,222	14,122
3200	15,675	14,991	14,792	14,678	14,663	14,336	14,207	14,236
3000	15,704	15,062	14,478	14,364	14,663	14,307	14,364	13,994
2800	15,803	15,191	14,991	14,421	14,350	14,093	14,022	13,452
2600	15,504	15,248	15,048	14,934	15,105	15,191	15,105	14,051
2400	15,732	15,647	13,951	15,077	15,419	14,293	15,390	14,193
2200	15,561	15,191	13,908	14,179	14,150	14,193	14,136	15,504
2000	15,590	15,048	14,279	14,008	14,179	14,122	14,022	14,065
1800	15,590	14,564	13,623	13,908	15,390	13,766	13,880	13,566
1600	15,971	14,763	13,709	13,509	13,737	14,279	14,307	14,093
1400	14,678	14,193	13,737	13,509	13,737	13,652	13,509	13,367
1200	14,706	14,393	13,865	13,367	13,338	13,509	13,509	13,110



- *Potencia al freno.*

N (rpm)	$P_f$ (Kw)							
	diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	5,961	5,635	5,412	5,433	5,348	5,269	5,300	5,375
3400	5,604	5,318	5,113	5,148	5,157	4,976	5,044	5,009
3200	5,242	5,008	4,938	4,846	4,899	4,785	4,747	4,747
3000	4,878	4,709	4,524	4,498	4,645	4,501	4,475	4,351
2800	4,632	4,433	4,367	4,198	4,196	4,114	4,071	3,939
2600	4,223	4,134	4,083	4,052	4,112	4,119	4,105	3,794
2400	3,929	3,905	3,506	3,774	3,851	3,598	3,851	3,829
2200	3,570	3,484	3,207	3,250	3,250	3,265	3,248	3,546
2000	3,265	3,133	2,973	2,912	2,975	2,949	2,922	2,918
1800	2,926	2,738	2,571	2,628	2,897	2,577	2,607	2,553
1600	2,661	2,471	2,287	2,256	2,290	2,414	2,395	2,354
1400	2,143	2,045	1,998	1,973	2,027	1,935	1,912	1,954
1200	1,850	1,795	1,660	1,682	1,642	1,698	1,694	1,638



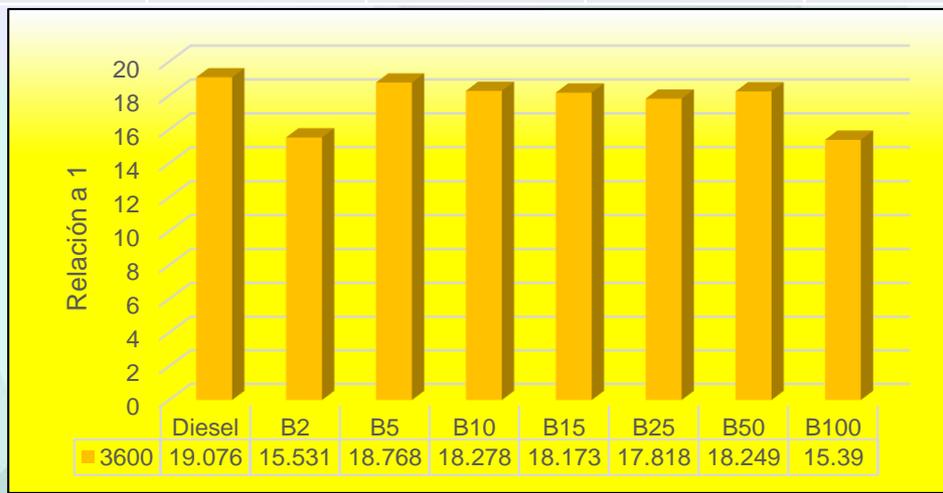
- Consumo másico de combustible.

<i>N</i>	$\dot{m}_c$ (kg/h)							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
(rpm)								
1200	0,656	0,638	0,534	0,618	0,599	0,620	0,618	0,631
1400	0,723	0,736	0,691	0,689	0,693	0,685	0,681	0,732
1600	0,778	0,857	0,751	0,766	0,768	0,776	0,775	0,848
1800	0,828	0,946	0,817	0,817	0,821	0,814	0,824	0,946
2000	0,899	1,008	0,868	0,870	0,887	0,877	0,879	1,026
2200	0,957	1,079	0,949	0,930	0,946	0,961	0,965	1,105
2400	1,038	1,161	1,030	1,028	1,030	1,048	1,049	1,315
2600	1,141	1,268	1,136	1,109	1,137	1,127	1,151	1,315
2800	1,205	1,385	1,221	1,194	1,222	1,242	1,233	1,439
3000	1,325	1,490	1,339	1,309	1,351	1,346	1,332	1,543
3200	1,445	1,633	1,415	1,413	1,428	1,436	1,457	1,662
3400	1,491	1,739	1,445	1,500	1,512	1,513	1,543	1,772
3600	1,620	1,829	1,506	1,563	1,585	1,593	1,612	1,862



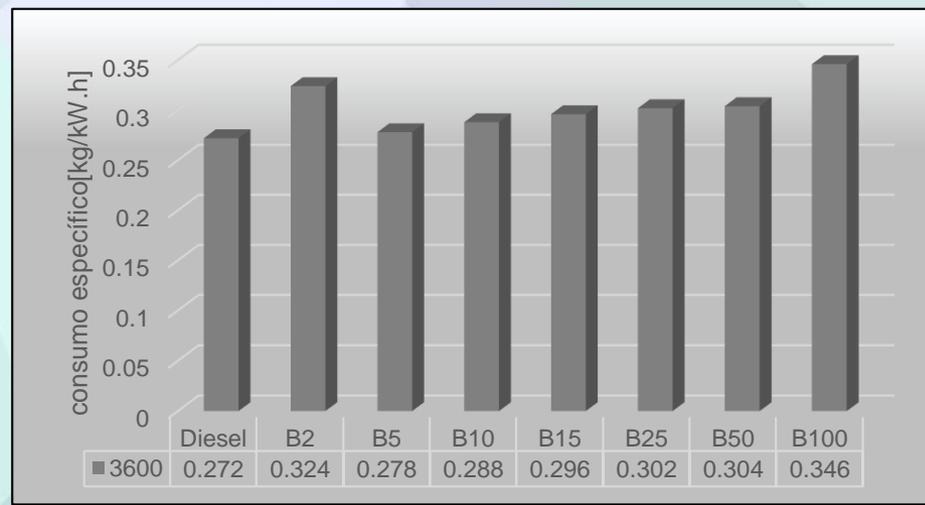
- Relación aire-combustible.

<i>N</i>	<i>A/c</i>							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
<b>1200</b>	19,076	15,531	18,768	18,278	18,173	17,818	18,249	15,390
<b>1400</b>	20,258	17,156	20,251	20,094	18,319	19,823	19,540	16,928
<b>1600</b>	21,181	18,280	21,203	21,767	21,423	21,100	20,793	18,226
<b>1800</b>	19,819	17,022	18,222	20,131	20,415	18,754	19,141	16,607
<b>2000</b>	18,455	16,368	19,012	19,002	18,461	18,089	18,656	15,617
<b>2200</b>	19,408	17,781	19,574	20,510	19,919	20,026	19,804	17,150
<b>2400</b>	20,628	18,195	20,601	20,925	20,704	20,645	20,997	16,519
<b>2600</b>	19,656	17,652	19,901	20,310	19,922	19,796	19,672	17,325
<b>2800</b>	20,012	17,987	20,889	21,010	20,955	20,915	20,867	17,850
<b>3000</b>	21,212	18,646	21,411	21,202	21,477	21,244	21,246	18,433
<b>3200</b>	21,596	19,470	22,279	22,010	21,715	21,709	21,456	19,876
<b>3400</b>	22,544	22,428	23,990	23,374	23,646	23,294	24,156	23,033
<b>3600</b>	24,105	24,916	27,454	25,410	26,446	25,472	25,775	24,990



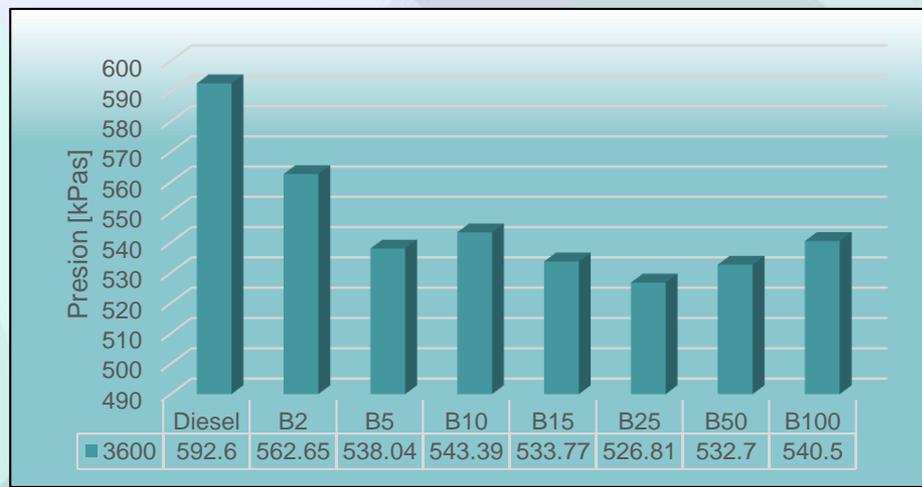
- Consumo específico de combustible.

N (rpm)	CEC ( $kg/kW.h$ )							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	0,272	0,324	0,278	0,288	0,296	0,302	0,304	0,346
3400	0,266	0,327	0,283	0,291	0,293	0,304	0,306	0,354
3200	0,276	0,326	0,287	0,292	0,292	0,300	0,307	0,350
3000	0,272	0,316	0,296	0,291	0,291	0,299	0,298	0,355
2800	0,260	0,312	0,280	0,284	0,291	0,302	0,303	0,365
2600	0,270	0,307	0,278	0,274	0,277	0,274	0,280	0,347
2400	0,264	0,297	0,294	0,273	0,267	0,291	0,272	0,343
2200	0,268	0,310	0,296	0,286	0,291	0,294	0,297	0,312
2000	0,276	0,322	0,292	0,299	0,298	0,298	0,301	0,352
1800	0,283	0,345	0,318	0,311	0,283	0,316	0,316	0,370
1600	0,292	0,347	0,329	0,339	0,335	0,321	0,323	0,360
1400	0,337	0,360	0,346	0,349	0,342	0,354	0,356	0,375
1200	0,354	0,356	0,347	0,368	0,365	0,365	0,365	0,385



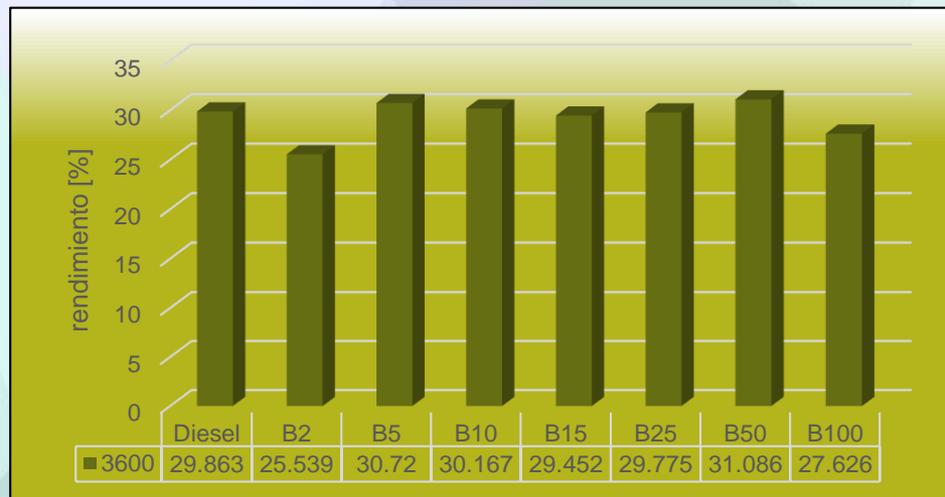
- Presión media efectiva.

<i>N</i>	<i>PME (kPas)</i>							
<i>(rpm)</i>	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	592,597	562,646	538,044	543,392	533,765	526,812	532,695	540,504
3400	590,457	560,507	539,113	543,392	545,531	526,812	533,765	530,021
3200	588,318	562,646	555,158	550,880	550,345	538,044	533,230	534,300
3000	589,388	565,320	543,392	539,113	550,345	536,974	539,113	525,208
2800	593,132	570,134	562,646	541,253	538,578	528,951	526,277	504,884
2600	581,900	572,273	564,785	560,507	566,925	570,134	566,925	527,347
2400	590,457	587,248	523,603	565,855	578,691	536,439	577,621	532,695
2200	584,039	570,134	521,999	532,160	531,091	532,695	530,556	581,900
2000	585,109	564,785	535,904	525,742	532,160	530,021	526,277	527,882
1800	585,109	546,601	511,302	521,999	577,621	516,650	520,929	509,163
1600	599,443	554,089	514,511	507,023	515,581	535,904	536,974	528,951
1400	550,880	532,695	515,581	507,023	515,581	512,372	507,023	501,675
1200	551,949	540,183	520,394	501,675	500,605	507,023	507,023	492,048



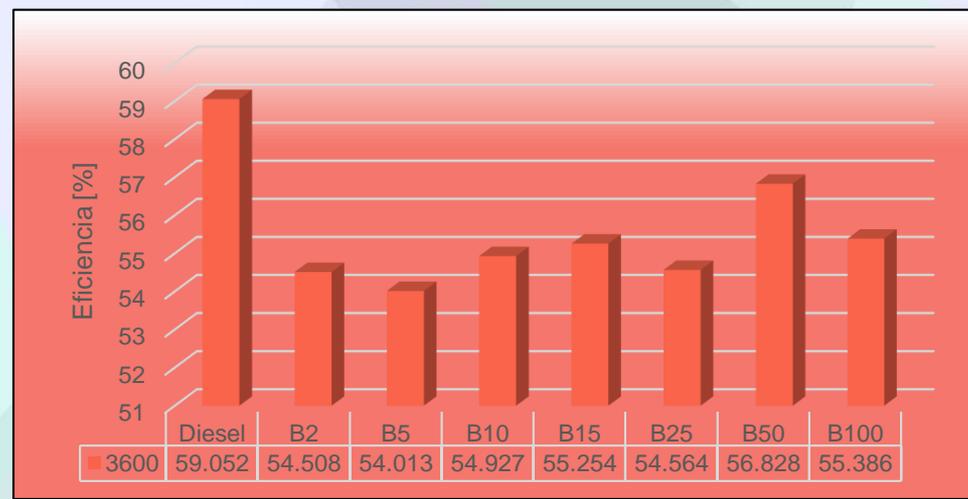
- Eficiencia térmica.

N (rpm)	$\eta_t$ (%)							
	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	29,863	25,539	30,720	30,167	29,452	29,775	31,086	27,626
3400	30,506	25,338	30,246	29,777	29,773	29,606	30,904	27,046
3200	29,445	25,414	29,833	29,771	29,929	30,011	30,795	27,331
3000	29,883	26,195	28,879	29,825	29,993	30,113	31,752	26,985
2800	31,193	26,524	30,568	30,511	29,968	29,832	31,215	26,181
2600	30,042	27,027	30,716	31,705	31,556	32,919	33,720	27,608
2400	30,720	27,865	29,096	31,843	32,638	30,909	34,693	27,866
2200	30,269	26,757	28,878	30,329	29,995	30,576	31,811	30,717
2000	29,454	25,762	29,279	29,065	29,281	30,263	31,412	27,221
1800	28,679	24,000	26,900	27,906	30,795	28,508	29,901	25,834
1600	27,760	23,907	26,019	25,571	26,017	28,006	29,224	26,554
1400	24,051	23,024	24,705	24,862	25,526	25,423	26,539	25,538
1200	22,895	23,307	24,658	23,607	23,911	24,651	25,896	24,854



- Eficiencia volumétrica.

$N$	$\eta_v$ (%)							
(rpm)	Diesel	B2	B5	B10	B15	B25	B50	B100
3600	59,052	54,508	54,013	54,927	55,254	54,564	56,828	55,386
3400	61,169	60,460	59,313	61,176	56,311	61,052	61,330	61,022
3200	66,019	64,471	64,836	67,197	66,087	65,473	65,426	65,541
3000	60,976	58,521	56,339	60,706	62,844	57,883	59,060	59,455
2800	54,743	56,050	57,504	56,235	55,660	55,514	57,157	55,396
2600	58,642	59,979	59,141	60,492	60,035	60,031	60,504	60,259
2400	61,849	61,086	60,917	62,034	61,583	62,015	63,527	58,087
2200	59,162	59,919	59,111	59,454	59,177	59,694	59,623	60,372
2000	62,016	62,820	62,827	63,402	63,893	63,398	63,530	63,675
1800	67,512	67,653	66,873	66,165	67,580	66,636	67,265	66,825
1600	72,749	71,888	72,393	72,809	72,194	71,901	71,641	72,830
1400	80,550	82,668	82,266	79,525	80,122	81,256	83,862	83,231
1200	90,654	91,996	95,209	90,087	92,888	90,678	91,706	91,005





# PRUEBAS DE OPACIDAD

<b>Modelo/Producto</b>	NDO-6000/ Medidor de humo de opacidad automotriz		
<b>Ítem de medición/Método</b>	Opacidad (%), $k (m^{-1})$ , RPM(Opción)		
<b>Fuente de luz</b>	LED verde (565nm)		
<b>Detector</b>	Fotodiodo		
<b>Temperatura de carcasa</b>	Mantener constantemente alrededor de 80°C		
<b>Rangos de medida</b>	smoke	0.0~100%	K 0.0~21.42 $m^{-1}$ RPM 0~8000rp,
<b>Resolución</b>		0.1%	0.01 $m^{-1}$ ↑ 0rpm
<b>Tolerancia</b>	Dentro de $\pm 1\%$		
<b>Precisión</b>	Dentro de $\pm 1\%$ (RPM: $\pm 80rpm$ )		
<b>Tiempo de respuesta</b>	0.5 segundos (más 90%)		
<b>Fuente de electricidad</b>	220V/110V AC		50/60 Hz
<b>Consumo</b>	Cerca de 100 W		
<b>Temperatura de operación</b>	0~40°C(Manguera de la sonda: menos de 300°C)		
<b>Tamaño/peso</b>	450x200x245 mm/Cerca de 7kg		
<b>Longitud de sonda</b>	1m		
<b>Diámetro interno de sonda</b>	10mm		
<b>Características del opacímetro</b>			





## Adaptación del sistema de escape



Opacidad por método de aceleración libre

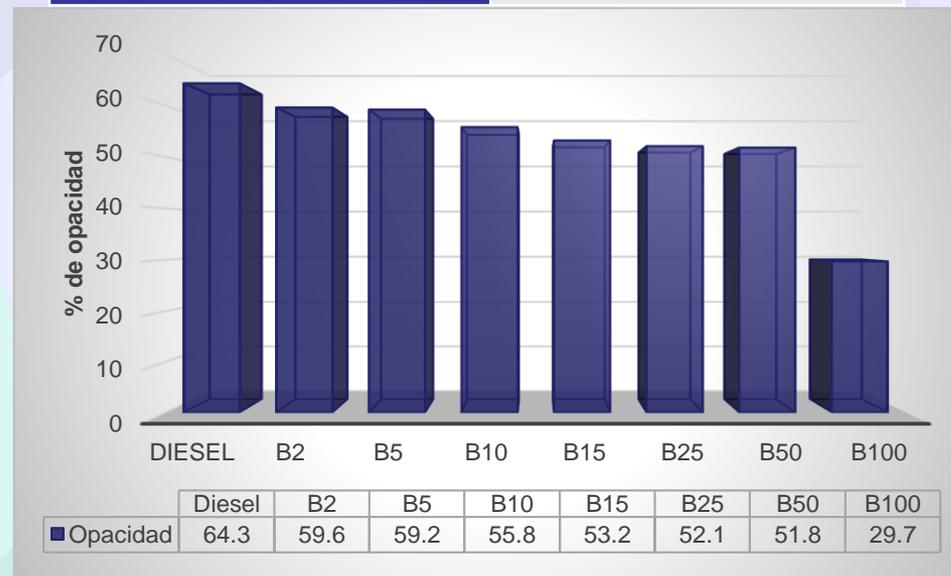
Año modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

Límite de opacidad para automóviles  
INEN 2 207:2002



- Porcentaje de opacidad.

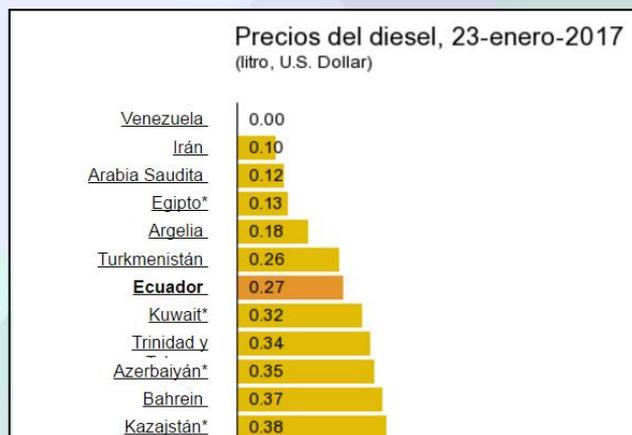
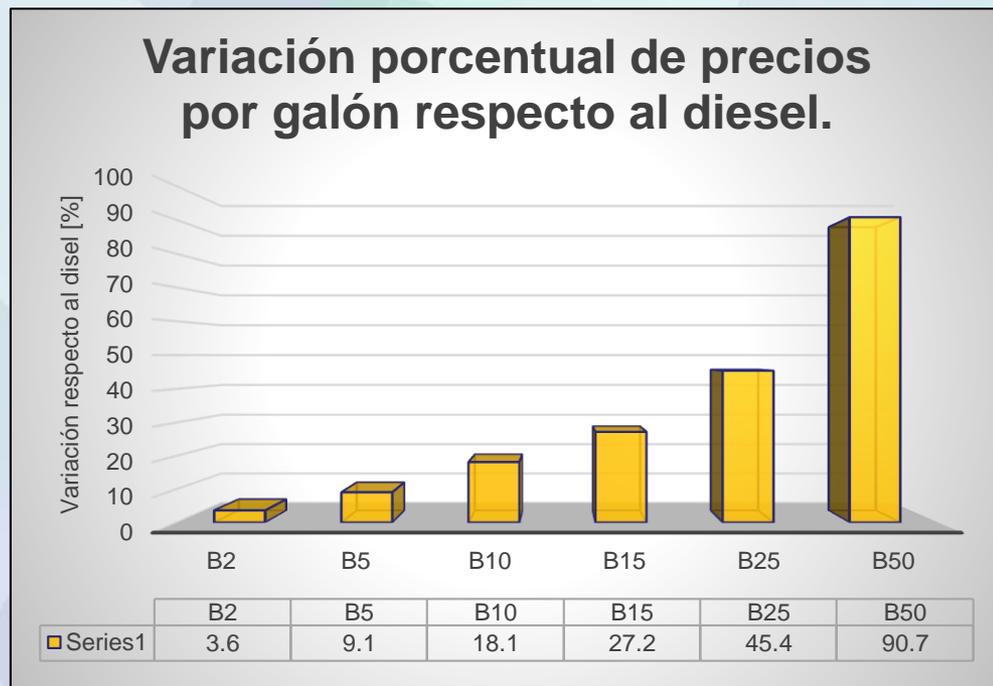
Combustible	% Opacidad
Diesel	64,3
B2	59,6
B5	59,2
B10	55,8
B15	53,2
B25	52,1
B50	51,8
B100	29,7





# COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LAS MEZCLAS

Combustible	Precio (dólares)	% respecto al diesel
Diesel	1.08	0
B2	1,12	3,6
B5	1,18	9,1
B10	1,28	18,1
B15	1,37	27,2
B25	1,57	45,4
B50	2,06	90,7





# ELECCIÓN DE MUESTRA ÓPTIMA

	B2	B5	B10	B15	B25	B50
<b>Potencia</b>	6	4	5	3	1	2
<b>Relación A/C</b>	1	4	5	6	2	3
<b>Consumo específico de combustible</b>	1	6	5	4	3	2
<b>Rendimiento térmico</b>	1	5	4	2	3	6
<b>Rendimiento volumétrico</b>	2	1	4	5	3	6
<b>Opacidad de gases de escape</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Características químicas</b>	6	4	1	6	3	3
<b>Costos de producción</b>	6	5	4	3	2	1
<b>Total</b>	24	31	31	33	22	29



# PROPUESTA ECONÓMICO

Proceso	materiales	precio x lote (dólares)	Tiempo (horas)
Preparación del aceite y metóxido	Aceite	5,6	0,5
	Metanol	0,9	
	Lejía	0,29	
	gas	0,4	
Transesterificación	Batidora 100W	0,0045	0,5
Separación de glicerina	papel tornasol	0,2	8
Lavado 1	bomba de acuario 2.5W	0,00165	6
	5 litros de agua	0,0044	
Lavado 2	bomba de acuario 2.5W	0,00165	6
	5 litros de agua	0,0044	
Lavado 3	bomba de acuario 2.5W	0,00165	6
	5 litros de agua	0,0044	
Luz		0,38	-
Total		7,79	27

*Gastos de producción de un lote de 9 litros*

Ítem	Precio (dólares)
Balanza	22
Termómetro	15
Balde	12
Baldes con dispensador	84
Bombas de acuario	72
Piedras dosificadoras	48
Vaso medidor 500cc	3,5
Vaso medidor 50 cc	2
Embudo	3
Gotero	1,5
Tanques 2500 litros	3000
<b>TOTAL</b>	<b>3263</b>

*Gastos para la implementación del área de trabajo*



Mezcla	biodiesel		Diesel		TOTAL		40% ganancia
	(litros)	(dólares)	(litros)	(dólares)	(litros)	(dólares)	
B5	1,5	1,30	28,5	7,695	30	9	12,6
B10	3	2,61	27	7,29	30	9,9	13,86
B15	4,5	3,91	25,5	6,88	30	10,8	15,12
<b>TOTAL</b>	9	7,83	81	21,87	90	29,7	<b>41,58</b>

*Ganancias de la obtención de 90 litros*

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		39916,8	39900	39500	38000	40000
Egresos		37152	37152	37152	37152	37152
Flujo	3263	2764,8	2748	2348	848	2848

*Plan de costos y flujo de caja.*

**VAN de 4790,51 dólares y un TIR de 66,2%**



## CONCLUSIONES

- Se demostró que se puede obtener biodiesel de aceite de girasol de manera casera por transesterificación con costos bajos, materiales fáciles de adquirir y cuidando la salud del experimentador.
- Las pruebas en un banco PLINT TE-46 permitieron la caracterización de mezclas de diesel con biodiesel de aceite de semillas de girasol en proporciones de: 2%, 5%, 10%, 15%, 25% y 50%.
- Se estableció parámetros comparativos como: torque, potencia y consumo específico de combustible del motor ciclo diesel Petter AA1 cuando se trabajó con las mezclas de diesel y biodiesel de aceite de semillas de girasol en proporciones de: 2%, 5%, 10%, 15%, 25% y 50%.



- Se creó el comparativo de funcionamiento entre los parámetros químicos, mecánicos, térmico, de opacidad y costos de producción cuando se trabajó con el diesel premium y las mezclas biocombustibles establecidas.
- Se tabuló los datos obtenidos y calculados durante los procesos de: producción, pruebas de caracterización química, pruebas de rendimiento en el motor y la medición de opacidad que se llevaron a cabo durante la investigación, para compararlos por medio de gráficas.
- Se encontró una mezcla combustible alternativa al diesel garantizando los derechos de la naturaleza, dando prioridad a la alimentación, promoviendo la sostenibilidad ambiental y reduciendo la contaminación del aire, suelo o de fuentes de agua dulce.
- Se demostró que el biodiesel de girasol puede ser una potencial fuente de ingresos y generadora de fuentes de trabajo digno.



## RECOMENDACIONES

- Obtener un lote del aceite base mayor al volumen del biocombustible antes de la obtención del mismo para evitar que otro tipo de aceite agregado altere los índices calculados con los que se trabaja.
- Cualquier elemento que tenga contacto con metóxido o el biodiesel no debe ser usado nunca más para la preparación de alimentos.
- Usar piedras dosificadoras de aire redondas para que durante el lavado generen un burbujeo suave que evite una inercia mecánica entre fluidos, evitar piedras largas y azules que desprenden partículas.
- Realizar estudios para que la glicerina subproducto de la producción de biodiesel pueda usarse como: leña, abono o en la creación de jabones.



- El almacenamiento del biodiesel no debe superar los tres meses evitando la exposición a los rayos solares, la temperatura no deberá ser menor a la del gelatinado ni mayor a la del punto de inflamación del aceite base.
- Realizar las pruebas de rendimiento en el dinamómetro bajo las mismas condiciones ambientales, evitando dejar un lapso de tiempo mayor de dos días para las pruebas entre mezclas.
- Realizar las pruebas de rendimiento para un rango de diez velocidades diferentes para obtener graficas y curvas de los parámetros del motor más detalladas.
- De las muestras consideradas como óptimas: B5, B10 y B15, se recomienda hacer un estudio mas detallado de los componentes en sus gases residuales.



***“Vive como si fueses a morir mañana.  
Aprende como si fueses a vivir siempre”***

***Mahatma Gandhi.***



**Ingeniería Automotriz**