



621.434  
R173  
c. 2

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Departamento de Ingeniería Mecánica**

**"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS ENCENDIDO POR CHISPA, FUNCIONANDO CON MEZCLAS DE GASOLINA Y DIESEL EN BAJOS PORCENTAJES.**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

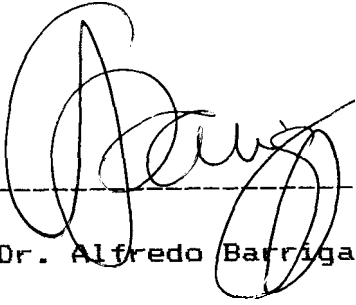
**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

Luis **Alberto** Ramírez Torres

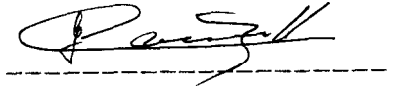
Guayaquil - Ecuador

1993



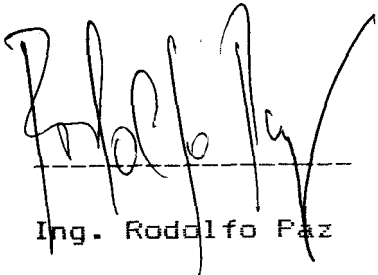
Dr. Alfredo Barriga

Decano



Ing. Freddy Cavallos

Director de Tesis



Ing. Rodolfo Paz

Miembro del Tribunal



Ing. Francisca Andrade

Miembro de 1 Tribunal

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Freddy Cevallos B.  
Director de Tesis y al Sr.  
Ramón Carrillo ayudante,  
por su ayuda y colaboración  
para la realización de este  
trabajo.

## **DEDICATORIA**

A Dios.

A la memoria de Leonor mi abuela.

Al amor y sacrificio de mi mami.

A mi padre, a mi hermano.

A Jessi, mi novia y único amor.

A los cuidados y sacrificios de Meche.

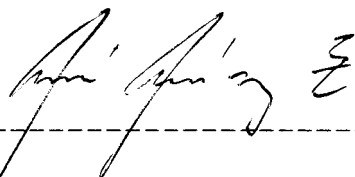
Al apoyo de mi familia, en especial Genaro y Andrea.

A mis cinco compañeros y amigos.

A mi mayor ilusión, mis hijos.

## **DECLARATORIA EXPRESA**

**“La** responsabilidad por los hechos, ideal y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”



---

LUIS ALBERTO RAMIREZ TORRES.

## RESUMEN

Este trabajo está enfocado al funcionamiento de un motor de combustión interna alimentado por mezclas de Gasolina-Super y Diesel en bajos porcentajes (1% al 9%), tanto en la parte **teórica** como en la experimental.

La parte teórica tiene como objetivo dar a conocer los parámetros utilizados, características de los combustibles **sus mezclas, y las** especificaciones de los instrumentos de **medición**; así como también el funcionamiento del sistema de alimentación de combustible.

En la parte experimental de este trabajo se ha comparado el comportamiento que tiene el motor funcionando con diferentes porcentajes de Diesel en las mezclas, en relación al funcionamiento que éste tiene con Gasolina, Super a partir de las curvas de Torque, Potencia, Relación Aire Combustible, y Consumo Especifico de Combustible **versus** R.P.M. del motor.

# INDICE G E N E -

Pags.

RESUMEN.....	.....
INDICE GENERAL.....- .....	6
INTRODUCCION.....	10
1. GENERALIDADES.....	12
1.1. Definiciones de los principales parámetros utilizados.....	12
1.1.1. Torque, Potencia, Potencia al freno, Potencia Indicada, Eficiencia Volumétrica, Presión Media Efectiva, Consumo Específico de Combustible, Relación Aire-Combustible, Eficiencia Térmica.	
1.2. Ciclo Ideal de Otto para un motor de 4 tiempos.....	15
1.3. Ciclo real y diagrama indicador de un motor..	21
1.3.1. Proceso de admisión.	
1.3.2. Proceso de compresión.	
1.3.3. Proceso de combustión y expansión.	
1.3.4. Proceso de escape.	

2. ESTUDIO COMPARATIVO-TEORICO DE LAS CARACTERISTICAS DE LA GASOLINA Y EL DIESEL.....	33
2.1. Tipos de hidrocarburos.....	33
2.2. Propiedades principales de la gasolina... ..	35
2.3. Estudio de la detonación y el octanaje, <b>sus</b> efectos en los motores de combustión interna.....-- ..	37
2.4. Propiedades principales del diesel.....	41
3. EQUIPO EXPERIMENTAL.....	43
3.1. Especificaciones, descripción y datos técnicos del equipo.....- ..	43
3.2. Instrumentos de medición.....	45
3.2.1. Dinamómetro hidráulico.	
3.2.2. Medidor de consumo de combustible.	
3.2.3. Medidor de consumo de Aire.	
3.2.4. Sistema de refrigeración del motor.	
3.3. Carburación.....	51
3.3.1. Descripción, tipo y funcionamiento del carburador.	



4. TRABAJO EXPERIMENTAL.....	=
4.1. Pruebas experimentales.....	55
4.1.1. Técnica operativa.	
4.1.2. Puesta a punto del motor.	
4.1.3. Mezcla e introducción de los combustibles.	
4.2.4. Realización de las pruebas para mezclas de gasolina y diesel en bajos porcentajes.	
4.2. Fórmulas a emplearse para cálculos.....	%
4.3. Datos y curvas características.....	67
4.3.1. Curvas características del motor funcionando con gasolina super, versus revoluciones por minuto, gráficos de potencia, torque, consumo específico de combustible, y relación de aire-combustible.	
4.3.2. Curvas características del motor funcionando con mezclas de gasolina y bajos porcentajes de diesel.	
5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	99
5.1. Análisis de los cambios en las propiedades de la mezcla para bajos porcentajes de diesel.....	99

5.2. Interpretación de las curvas características del motor, obtenidas para las diferentes mezclas.....101

5.3. Análisis comparativo del funcionamiento de un motor encendido por chispa con mezcla de gasolina super y diesel en bajos porcentajes con relación a uno funcionando con gasolina.....103

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....10.

APENDICES.....109

BIBLIOGRAFIA.....117

## INTRODUCCION

En nuestro país la contaminación de los combustibles, ya sea intencional o no, es un problema que se presenta con mucha frecuencia, debido al manipuleo que sufre el combustible en su transporte y distribución.

El presente trabajo experimental está dirigido a establecer el porcentaje máximo de diesel que se puede añadir a la gasolina-super SF para el funcionamiento de un motor encendido por chispa y estudiar los cambios en el comportamiento de este; analizando que ocurre con las curvas de Torque, Potencia, Relación Aire-Combustible y consumo específico de combustible, para diferentes regímenes de trabajo, así como también los danos que se ocasionan en el interior del motor.

Obviamente para poder analizar este trabajo experimental, debemos compararlo con las curvas que se obtienen del motor trabajando solo con gasolina-super SP.

Tanto las pruebas con mezcla como con gasolina se efectuaron con el carburador abierto al 50 % puesto que es la utilizada normalmente en los vehículos.

Debemos mencionar que este trabajo fue dividido en dos partes, debido a la gran cantidad de pruebas a efectuar, tres para cada porcentaje, y el desconocimiento del

porcentaje máximo de diesel en la mezcla al que habríamos de llegar.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

### **1.1, DEFINICIONES DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS UTILIZADOS.**

Para adquirir una noción completa del funcionamiento de los motores de combustión interna es necesario tener claro los principales parámetros que lo definen.

#### **1.1.1. TORQUE O PAR MOTOR,**

Es el producto de la Fuerza multiplicada por la distancia medida desde el centro del eje, que un motor es capaz de vencer con su eje propulsor.

#### **POTENCIA,**

Es el trabajo que realiza el motor en un tiempo determinado y se la puede medir en kilovatios (KW).

#### **POTENCIA AL FRENO.**

También llamada potencia efectiva. Es la potencia disponible en el eje del motor, y se la mide mediante un freno aplicado al eje de salida del motor.

**POTENCIA INDICADA,**

Es el trabajo por unidad de tiempo, que realizan los gases en el interior del cilindro.

**EFICIENCIA VOLUMETRICA.**

Es la relación entre el volumen de aire efectivamente introducido por el ciclo en el cilindro y el volumen de aire igual al volumen del cilindro, en las condiciones atmosféricas de 20 C y 760 mm Hg.

**PRESION MEDIA EFECTIVA.**

Es la presión productora del trabajo efectivo del motor. La presión media efectiva depende de la carga del motor y del rendimiento térmico, estos dos valores dependen a su vez de la relación de compresión, del aire y del combustible suministrado.

**CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE,**

Es la cantidad en peso de combustible que el motor consume para efectuar 1 HP indicado por unidad de tiempo.

**RELACION AIRE- COMBUSTIBLE (A/C).**

Es la porción en masa de aire que necesita

el motor para quemar una determinada cantidad en masa de combustible.

### **EFICIENCIA TERMICA.**

Es la relación entre la cantidad de calor transformado en trabajo útil y la cantidad de calor suministrado al fluido.

## 1.2. CICLO IDEAL DE OTTO PARA UN MOTOR DE 4 TIEMPOS,

El ciclo teórico de Otto de un motor encendido por chispa se lo puede representar en gráficos de P-V y de T-S. En este ciclo existen varios cambios termodinámicos (fig. 1-1):

### 1-2 Adiabática.

Se comprime el fluido para un correspondiente trabajo realizado por el pistón (no existe flujo de calor con el exterior).

### 2-3 A volumen constante,

Introducción instantánea del calor suministrado  $Q_1$ .

### 3-4 Adiabática,

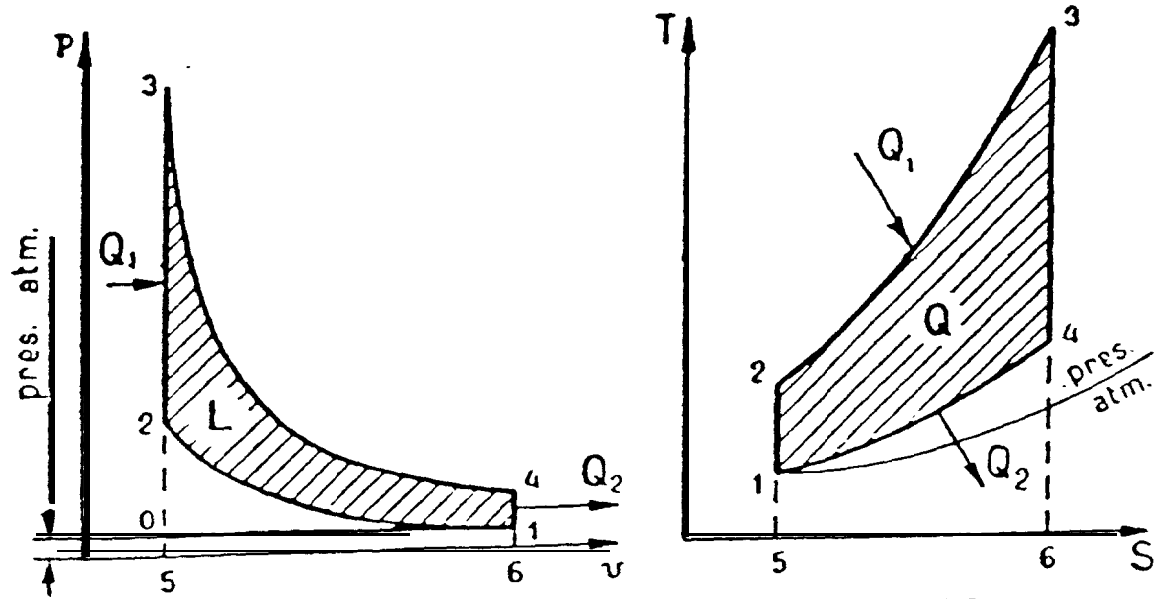
Expansión y correspondiente trabajo producido por el fluido.

### 4-1 A volumen constante.

Substracción instantánea del calor  $Q_2$ .

En la práctica, en los motores de 4 tiempos, la pérdida de calor se realiza durante la carrera de escape 1-0, y el fluido se introduce en el motor en la carrera de aspiración 0-1, lo cual se representa en el diagrama Presión-Volumen mediante una línea horizontal. Los efectos de ambos procesos se





Ciclo teórico Otto en coordenadas:  $p-v$  y  $T-S$ .

eliminan mutuamente sin existir aumento o pérdida de trabajo, por lo tanto, no se los consideran en los diagramas ideales de P-V, las carreras de admisión y escape. El ciclo de Otto está representado como un ciclo cerrado, en el cual el fluido activo vuelve a su estado inicial cuando llega al final la fase de expulsión del calor 4-1.

Debido a que el calor introducido  $Q_1$  se lo hace a volumen constante, el trabajo  $L_{2-3}$  realizado es cero, por lo tanto la ecuación de conservación de la energía del fluido sin flujo es:

$$Q_1 = U_3 - U_2$$

Por ser un ciclo ideal, y el fluido un gas perfecto, la variación de la energía interna durante su transformación a volumen constante es:

$$U_3 - U_2 = C_v(T_3 - T_2)$$

Por lo tanto:

$$Q_1 = C_v(T_3 - T_2)$$

De igual manera, como el calor  $Q_2$  es eliminado a volumen constante, y en tales condiciones  $L_{4-1}$  es cero, tenemos:

$$Q_2 = U_4 - U_1$$

Como el fluido es un gas perfecto:

$$Q_2 = C_v(T_4 - T_1)$$

Entonces resulta que el rendimiento térmico ideal es:

$$i = Q_1 - Q_2 / Q_1$$

En función de las temperaturas:

$$\eta_i = 1 - T_1 \left( \frac{T_4}{T_1} - 1 \right) / T_2 \left( \frac{T_3}{T_2} - 1 \right)$$

Para las transformaciones adiabáticas de compresión 1-2 y de expansión 3-4 obtendremos respectivamente:

$$P_1 V_1^k = T_1 ; P_2 V_2^k = T_2 ; k = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left( \frac{V_4}{V_3} \right)^{k-1}$$

Como:

$$V1 = V4$$

$$V2 = v3$$

$$\frac{T2}{T1} = \frac{T3}{T4}$$

$$\frac{T4}{T1} = \frac{T3}{T2}$$

Introduciendo esta relación en el rendimiento técnico ideal tenemos:

$$\eta_i = 1 - \left( \frac{V2}{V1} \right)^{k-1}$$

Siendo la relación entre los volúmenes V1 y V2 del inicio y del final de la carrera de compresión que la llamaremos "Relación Volumétrica de compresión", se obtiene:

$$\eta_i = 1 - \frac{1}{p^{k-1}}$$

El Rendimiento térmico, como apreciamos está en función de la relación de compresión y del exponente

$K$ , que es relación de los calores específicos del fluido.

Al aumentar la **relación de compresión**, aumenta la eficiencia térmica ideal, al aumentar los valores de los calores específicos, disminuye  $K$ , por lo tanto el rendimiento térmico también. Es por esto que en el ciclo ideal, para el cual  $K = 1.4$ , se tiene una eficiencia térmica mayor al ciclo del aire debido a que este posee valores menores de  $K$  ya que varían los calores específicos con la temperatura.

### 1.3. CICLO REAL Y DIAGRAMA INDICADOR DE UN MOTOR,

Entre el ciclo real (indicado) y el ciclo teórico correspondiente se dan diferencias significativas tanto en los parámetros de presión como en los de temperatura, además de una variación en la forma del diagrama (fig.1-2).

Las causas por las cuales la presión y la temperatura máxima varían son:

a) Aumento de los calores específicos del fluido debido a la temperatura, manteniendo estos calores la misma diferencia, por lo tanto la relación de los calores  $K$  disminuye. En el caso real, los productos de la combustión tienen calores específicos mayores que el aire, y por lo tanto, los valores de la presión y la temperatura máxima son, en el ciclo real, inferiores a los correspondientes al ciclo teórico. Por lo expuesto, el rendimiento térmico disminuye.

b) Disociación en la combustión. Existen varios productos debido al proceso de la combustión como  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , además de otros compuestos como  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , y  $\text{O}_2$ . La disociación de estos productos es una reacción que se lleva a cabo con absorción de calor, por lo tanto, la temperatura máxima alcanzable es menor y se pierde una cierta cantidad de trabajo/

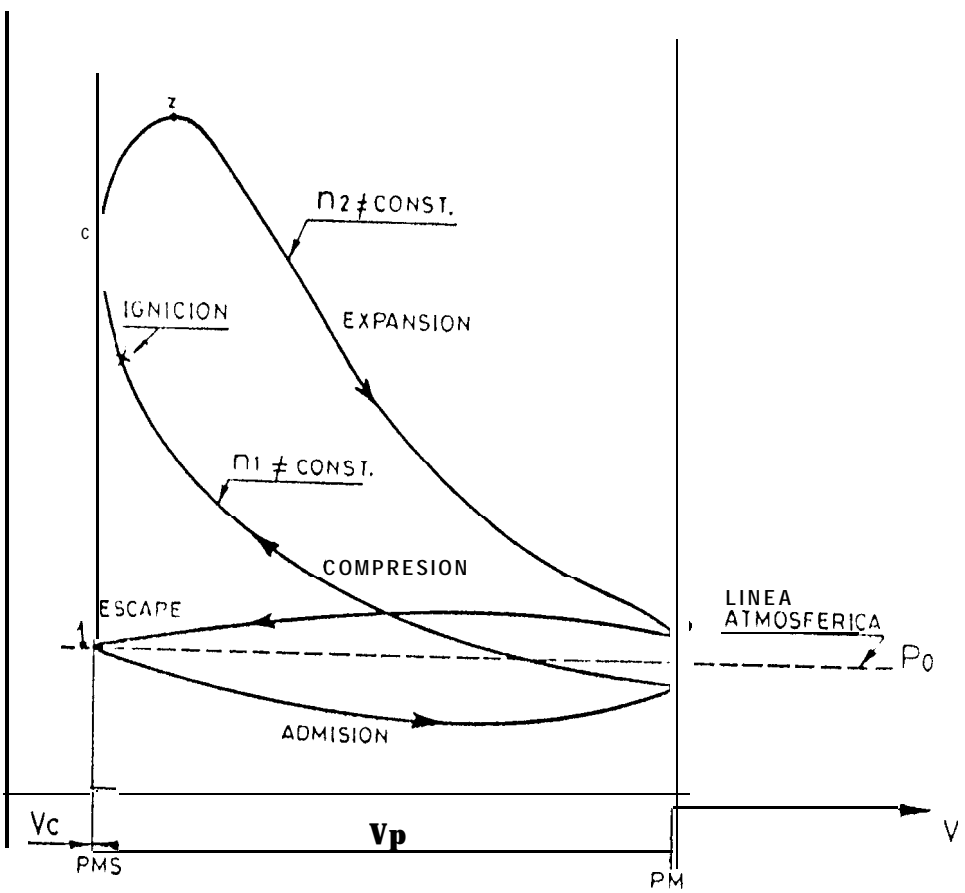


Diagrama Indicador de un motor de 4T

Otra diferencia importante, entre el ciclo teórico y el real, es que en el último el motor realiza esfuerzo, para efectuar la aspiración y el escape, este trabajo es llamado de bombeo y está por lo general, comprendido en el trabajo perdido por fricción.

En cuanto a la diferencia de forma del diagrama, este varía en las curvas de expansión y compresión, en la substitución de los trazos rectilíneos de introducción y substracción de calor por curvas y el redondeamiento de los ángulos agudos. Los motivos de estos cambios en las curvas se deben a:

a) Pérdidas de calor. En el ciclo teórico son nulas y bastante sensibles, y lo inverso en el ciclo real. Por estar el cilindro a una temperatura relativamente baja, una cierta parte del calor del fluido se transmite a las paredes. Las líneas de compresión y expansión no son, por lo tanto, adiabáticas, sino politrópicas. Como el fluido pierde calor, se produce también una pérdida de trabajo útil en la superficie A de la fig(1-3).

b) Combustión no instantánea. Para el ciclo teórico se asume que la combustión se realiza a volumen constante, por tanto es instantánea; lo inverso ocurre en el ciclo real, la combustión dura un



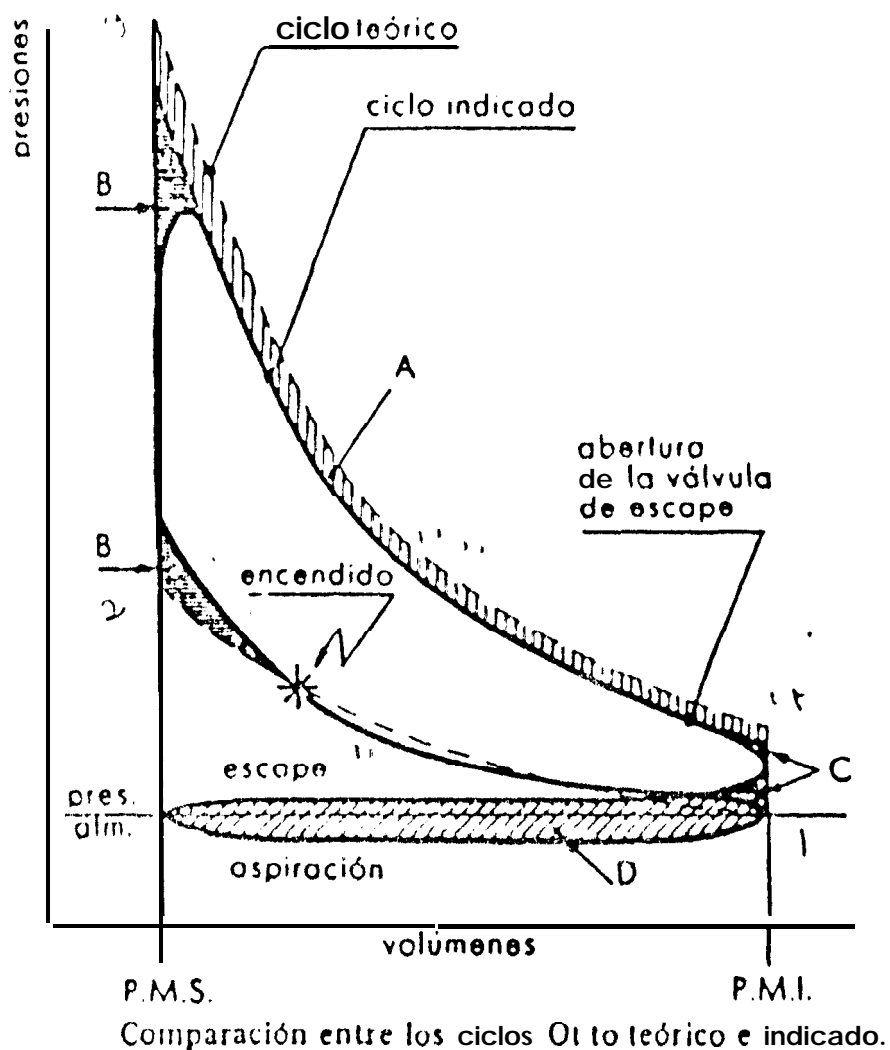


FIG. 1-3

### 1.3.1. PROCESO DE ADMISION.

Al inicio de la carrera de aspiración 1-2, el interior del cilindro se halla a una presión un poco mayor a la atmosférica; ya que la carrera de escape aún no ha llegado a su fin. Al encontrarse el pistón en el punto 2, en carrera hacia el P.M.I., aspira mezcla gaseosa a través de los conductos y la válvula de admisión la misma que se abrió a su debido momento. Por lo tanto, durante casi toda esta fase existe una presión menor que la exterior. Esta diferencia de presiones origina la llamada depresión de aspiración, la cual resulta ser más intensa cuanto mayor es la velocidad del gas, debido a la mayor resistencia que el fluido a de vencer al pasar por los conductos de entrada.

Al iniciar el pistón su carrera de retorno 3, el ambiente en el cilindro se encuentra todavía en depresión, por este motivo y a pesar del movimiento contrario del pistón, continúa la introducción de mezcla hasta 4, donde se iguala la presión interna y la atmosférica. En este momento se debe cerrar la válvula de admisión, por lo tanto en este punto se iniciaría la verdadera compresión (fig. 1-4).

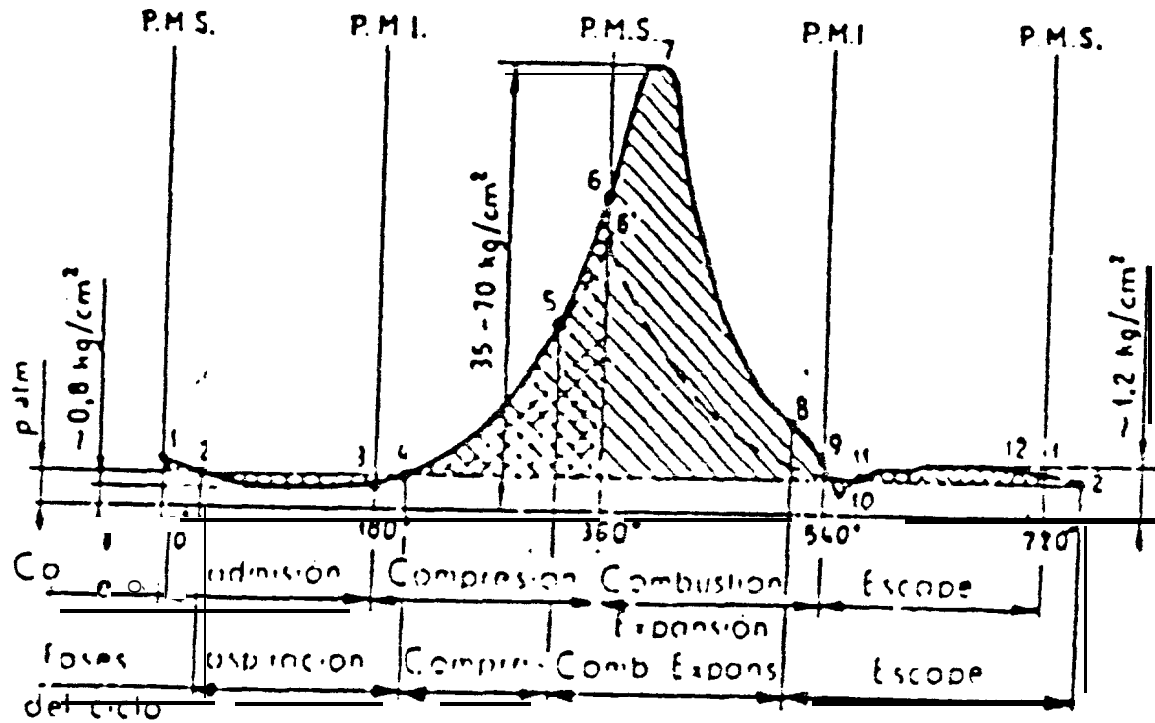


Diagrama de las presiones referidas al desplazamiento angular del eje motor.

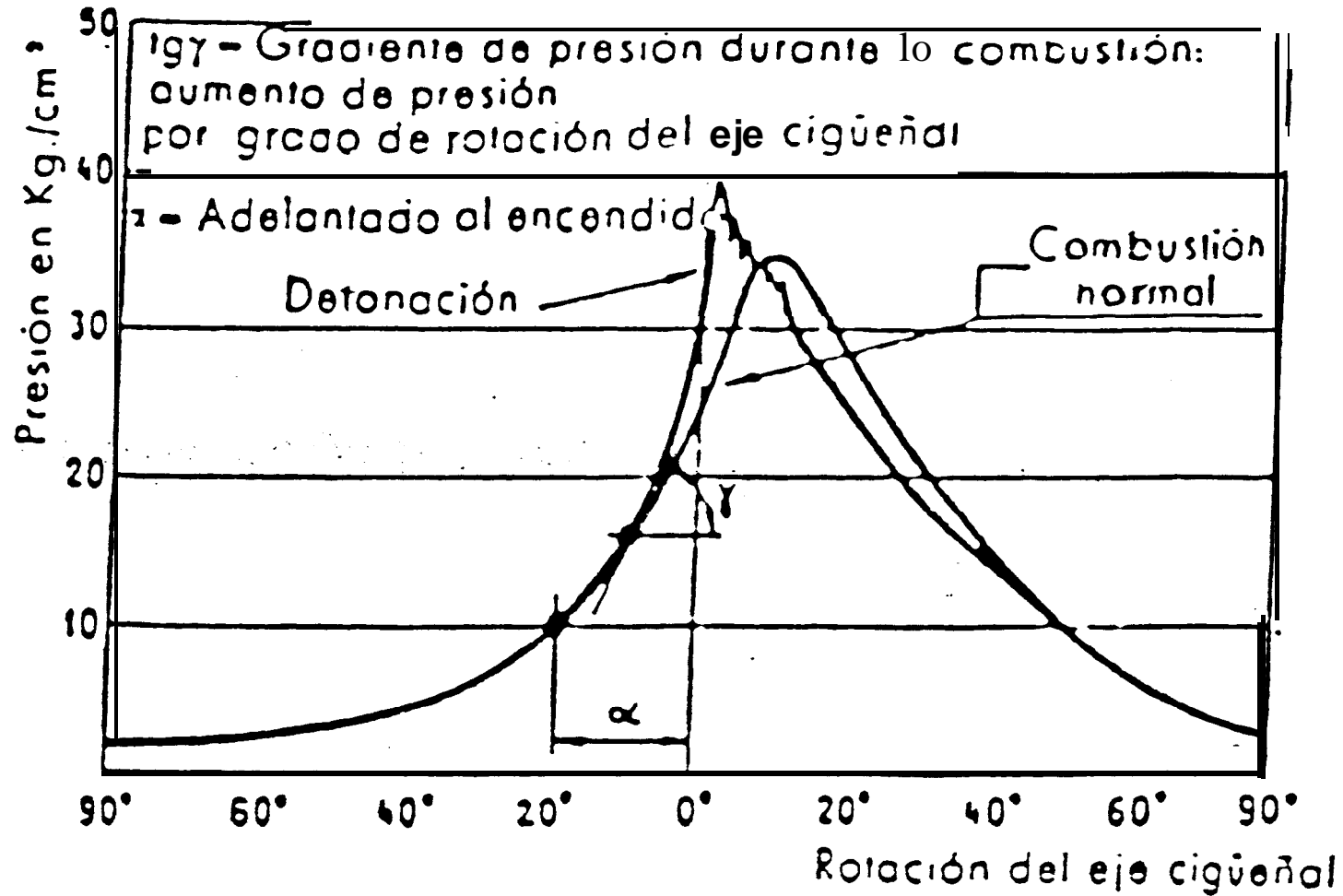
### 1.3.2. PROCESO DE COMPRESION.

Este proceso es de preparación de la mezcla para la combustión, en esta carrera 4-6, se aumenta la temperatura y la presión de la mezcla acompañada de una turbulencia. Debido a que la combustión necesita un cierto tiempo para realizarse a fin de mejorar su desarrollo de la fase útil, se realiza el encendido antes del P.M.S.(punto 5).

### 1.3.3. PROCESO DE COMBUSTION Y EXPANSION

un instante después de iniciarse el encendido, se produce una repentina elevación de temperatura y presión (fig. 1-5 y 1-6), que llega a su máximo valor en el punto 7. La combustión termina cuando el pistón a recorrido ya una parte de la carrera.

Finalizada la combustión, sobreviene la expansión. El volumen C se incrementa y la presión se ve disminuida rápidamente ocasionada también en parte, por la transmisión de calor a las paredes del cilindro. La expansión debería prolongarse el mayor tiempo posible, para aprovechar al máximo la fase útil, es decir lo mas próximo al P.M.I., pero en la práctica,



Variación de la presión durante la combustión.

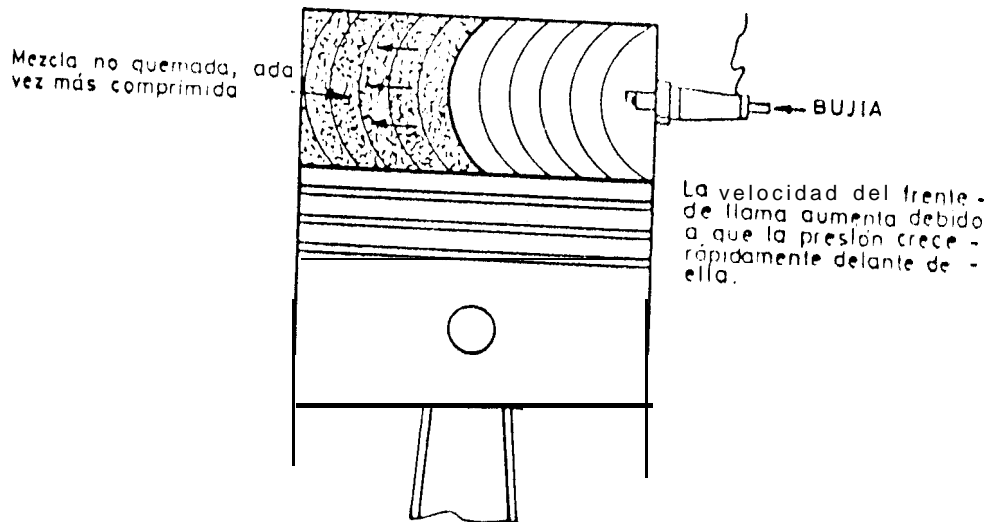
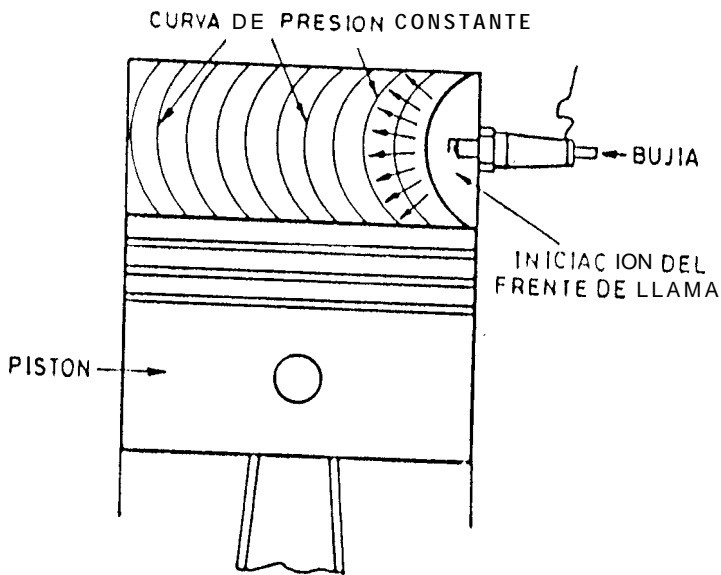


FIG. 1-6

para facilitar la expulsión de los gases, se interrumpe ésta al abrir anticipadamente la válvula de escape (punto 8).

#### **1.3.4. PROCESO DE ESCAPE,**

En el instante en que se abre la válvula de escape, los gases de la combustión se encuentran a una presión superior a la atmosférica, por lo tanto se descargan con violencia al exterior. El primer período de la fase, ocurre casi a volumen constante, la presión desciende con rapidez, y en el punto 9, al iniciarse la carrera de escape es un poco superior a la atmosférica, con tendencia a descender aun más durante la primera parte de esta carrera. Si los conductos de escape son largos, puede suceder, que por efecto de la inercia de la columna gaseosa, se produzca en el punto 10 una alta de presión. En 11 se inicia el segundo período de la fase, igual el pistón expulsa los gases que ocupan todavía el cilindro. Este período transcurre con presión ligeramente superior a la atmosférica por la resistencia que han de vencer los gases al atravesar la válvula y

los conductos de escape, y se representa, por consiguiente, trabajo positivo. El pistón no puede sin embargo, expulsar todos los gases, porque una parte de ellos ocupa la cámara de combustión. En 1, al final de la carrera de escape, la presión tiene todavía un valor ligeramente superior a la atmosférica; por dicho motivo se coloca la base hasta el punto 2. Mientras tanto a comenzado la abertura en 12 de la válvula de admisión, de tal suerte que en 2 se encuentra totalmente abierta, y ofrece en este punto la sección máxima de paso para la nueva fase de aspiración. Comienza así un nuevo ciclo, que se repetirá con regularidad.



## CAPITULO II

# ESTUDIO COMPARATIVO-TEORICO DE LAS CARACTERISTICAS DE LA GASOLINA Y EL DIESEL.

### 2.1. TIPOS DE HIDROCARBUROS.

Los principales tipos de combustibles líquidos son los hidrocarburos obtenidos de la refinación del petróleo crudo, además del bencol y los alcoholes.

Los hidrocarburos se clasifican en dos grandes categorías:

a) Combustibles livianos.

b) Combustibles pesados.

Estos dos grupos se diferencian principalmente entre sí por su volatilidad, es decir por su capacidad de mezclarse homogéneamente con el aire. Los livianos son usados sobre todo en los motores encendidos por chispa, y los pesados en los motores encendidos por compresión.

Los hidrocarburos se diferencian entre sí, por la disposición y el número de átomos en las moléculas y se clasifican, por lo tanto, en grandes familias:

**1) Serie Parafínica o Alifática.** La estructura molecular de estos hidrocarburos es de cadenas simples. La valencia de los átomos de carbono está saturada por medio de enlaces simples con otros

átomos de carbono y átomos de hidrógeno. En el caso del isooctano y su familia de estructura ramificada, toman el nombre de isoparafinas. Estas tienen un buen poder antidetonante mejor que el de las parafinas.

**2) Serie Olefínica.** Las olefinas son similares a las parafinas pero no se encuentran saturadas, porque contienen átomos de carbono unidos por un doble enlace.

**3) Serie Nafténica,** La estructura molecular de esta familia es de cadena cerrada. Estos hidrocarburos son saturados y tienden a la estabilidad.

**4) Serie Aromática,** Su estructura molecular es de cadena cerrada y son saturados, pero son bastante estables en relación a otros no saturados.

La gasolina se forma de todo tipo de hidrocarburos pero con peso molecular no elevado y, dependiendo de la proporción de las distintas series, varían sus propiedades.

## 2.2. PROPIEDADES PRINCIPALES DE LA GASOLINA.

Cuando un motor encendido por chispa, es sometido a condiciones de trabajo exigentes, es decir, con carga elevada y excesivo anticipo al encendido, o con una relación aire-combustible no adecuada al régimen y a temperatura demasiado alta, se puede dar el fenómeno llamado detonación. Esta es la consecuencia de una combustión anormal y depende de las características del combustible y se incrementa al aumentar la relación de compresión del motor.

Si el combustible tiene la capacidad para soportar una detonación, elevadas compresiones, se dice que está dotado de un elevado poder antidetonante. La calidad de un carburante depende esencialmente del valor de su poder antidetonante, cuya medida está dada por el llamado número del octano (N.O.). El valor del N.O. de un carburante se obtiene comparándolo con mezclas de isoctano ( $C_8H_{18}$ ) y eptano ( $C_7H_{16}$ ) o bien isoctano y tetraetilo de plomo. Teniendo el isoctano una óptima calidad antidetonante, se le asigna convencionalmente el N-0.100, y al eptano el N.O. cero por poseer cualidades antidetonantes muy bajas.

Realizando mezclas de isoctano y eptano en diferentes proporciones, se obtienen mezclas con todos los N.O. posibles entre 0 y 100.

Cuanto mas elevado es el N.O. de un combustible, tanto mayor es su capacidad de resistir a la detonación y mas alta puede ser la relación de compresión del motor. Como la potencia y el consumo específico dependen de la relación de compresión puede afirmarse que estas importantes características del motor dependen también del N.O. del combustible.

El N.O. de los carburantes puede ser elevado con la mezcla en pequeñas proporciones de tetraetilo de plomo T.E.L. (0.2 a 0.6 % en volumen), para valores mayores (máximo 1%) hay que tomar ciertas medidas constructivas, en especial para las válvulas.

### **Características de la Gasolina:**

Densidad API, 16 C	57.4
Gravedad Específica	0.7491
Poder Calorífico max.	11527 Kcal/Kg
Temp. de Ebullición	138 C
% Max. Azufre en Peso	0.1

### 2.3. ESTUDIO DE LA DETONACION Y EL OCTANAJE, SUS EFECTOS EN LOS MOTORES DE COMEJSTION INTERNA.

La detonación no es más que un violento golpeteo metálico en el interior del cilindro, el cual va acompañado de salida de humo por el escape.

Con el aumento de la relación de compresión y el uso de compresores en los motores, no solo el ruido fue más notorio, sino que trajo serias consecuencias en lo referente al período de duración de los motores.

Un motor que trabaje por un cierto tiempo con este golpeteo, sufriría la destrucción de los pistones y sus bujías (quemadas), así como también con las bielas y el cigüeñal. La explicación de éste fenómeno es el cambio violento de la velocidad normal de combustión 25-30 m/seg. a velocidades hasta de 200 m/seg.

En la combustión la propagación del frente de llama se sucede de una capa a otra, el paso de una capa a otra ocurre con aumento de la presión y la temperatura, lo que trae consigo un intenso proceso de oxidación de la mezcla fresca hasta que se enciende en su totalidad, desde luego que esto será más intenso si la temperatura es mayor (fig.2-1).

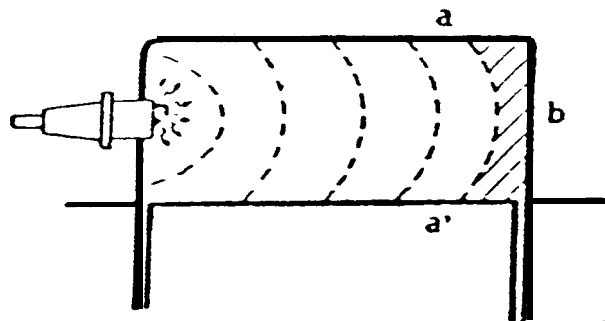
Entre los productos de oxidación de la mezcla tenemos bencina, aire y como resultado de una reacción en cadena se forman peróxidos orgánicos (uniones explosivas), los cuales o se autoencienden o se inflaman y son capaces de alcanzar velocidades de combustión sumamente altas 200 m/seg. y en realidad la mayor concentración de peróxidos orgánicos está en las últimas capas de mezcla, que cuando se encienden hay grandes elevaciones localizadas de temperatura y presión, que son la causa de la presencia de ondas de golpe que se trasladan por las capas de la mezcla.

Son estas ondas las que golpean las paredes del cilindro y producen el sonido metálico característico, además de esto se forma turbulencia que quema el aceite que se encuentra depositado en las paredes del cilindro, trayendo como consecuencia la salida de humo por el escape.

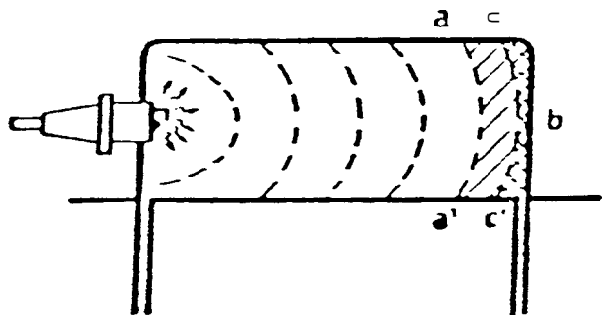
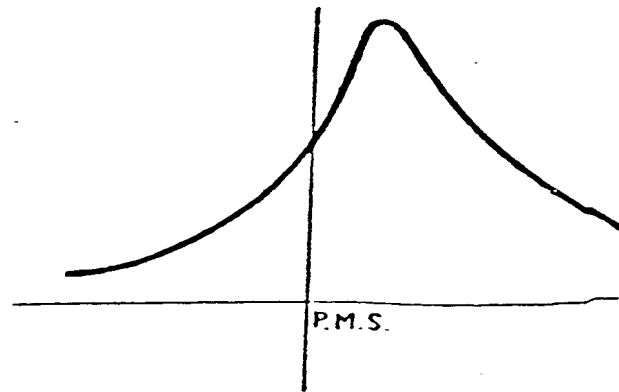
Un combustible con un elevado número de octano permite trabajar sin detonación a un motor con una relación de compresión elevada, por lo tanto, se obtiene un mayor rendimiento. Tanto la potencia como el consumo específico de combustible dependen de la relación de compresión, entonces este parámetro del motor también dependen del N.O. del combustible.

La máxima resistencia a la detonación entre los hidrocarburos es, por tanto, la de los aromáticos, mientras disminuye sucesivamente para los nafténicos, los olefínicos y los parafínicos.

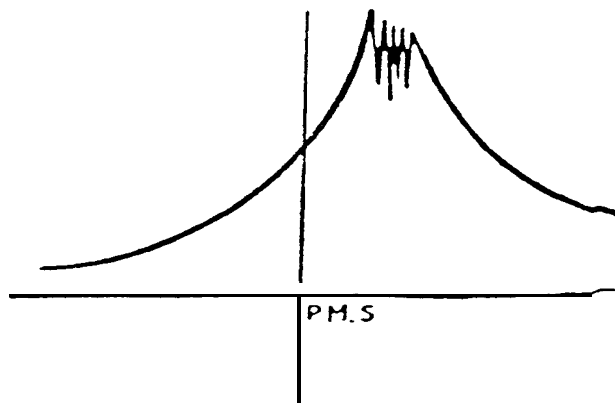
Un motor que trabaje con combustibles de bajo N.O., está limitado en su relación de compresión y puede dar lugar al preencendido, pérdida de potencia y sobrecalentamiento, teniendo como resultado una menor vida del motor.



Combustión normal



Combustión con detonación





## 2.4. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL DIESEL,

En el motor diesel, el tiempo que transcurre desde el instante en el que se inyecta el combustible, hasta cuando se produce el encendido, toma el nombre de retraso de encendido.

Al ser mayor el retraso de encendido, mayor resulta la cantidad de combustible que se acumula en la cámara de combustión antes de que ésta comience; por ello, su desarrollo de un modo repentino y en tal medida, que causa un gradiente de presión tan fuerte, que ocasiona un golpe. Por lo tanto en los motores diesel se produce un efecto similar al causado por la detonación en el motor encendido por chispa.

Un diesel es de mejor calidad cuanto menor es el retraso al encendido que produce en el motor; en este caso, se dice que el diesel tiene una buena facilidad de ignición. Se nota de la importancia de esta característica con solo tomar en cuenta que el retraso del encendido influye sobre el arranque, sobre el régimen del motor y sobre los humos en el escape.

La medida de la facilidad de ignición viene dada generalmente por el número de cetano (N.C.). El

cetano es un hidrocarburo parafínico con óptima facilidad de ignición, al que le ha sido asignado por convención el N.C. 100. Al mismo que se le mezcla alfa metilnaftaleno, hidrocarburo de escasa facilidad de ignición, al cual le asignan un N.C. igual a cero.

El gasoil normal tiene un N.C. comprendido entre 40 y 70. Para petróleos pesados el N.C. no implica mayor importancia práctica, puesto que estos petróleos se emplean en motores lentos cuyo retraso al encendido no origina inconvenientes graves.

### **Características del Diesel:**

Densidad API, 16 C	42
Gravedad Específica	0.819
Poder Calorífico max.	10666 Kcal/Kg.
Temperatura de Ebullición	304 c
% Max. Azufre en Peso	2.0

## CAPITULO III

### EQUIPO EXPERIMENTAL

3.1, ESPECIFICACIONES, DESCRIPCION Y DATOS TECNICOS DEL EQUIPO,

En el banco de prueba se encuentra instalado un motor de cuatro tiempos encendido por chispa y de cuatro cilindros en línea, con las siguientes características:

MARCA Y MODELO	:	Ford-2262E.
DIAMETRO DEL CILINDRO	:	80.98 mm.
CARRERA	:	62.99 mm.
VOLUMEN BARRIDO	:	1298 cm <sup>3</sup> .
ESPESOR DEL EMPAQUE	:	0.48 cm.
RELACION DE COMPRESION	:	6.8:1

La relación de compresión se calculó de la siguiente manera:

$$\pi_c = \frac{V_d + V_c}{V_c}$$

Donde:

Vd = volumen de desplazamiento.

$V_c = \text{volumen de la cámara} + \text{volumen empaque.}$

Por lo tanto:

$$\pi_c = \frac{324.43 + 55.72}{55.72} = 6.8$$

El motor posee alternador, bobina, batería y todos los circuitos eléctricos necesarios para el arranque y buen funcionamiento de las bujías.

### **3.2, INSTRUMENTOS DE MEDICION.**

Este equipo en general, además del motor, cuya especificaciones ya las enumeramos, posee instrumentos que nos permiten monitorear su funcionamiento; de los cuales podemos enumerar y describir los siguientes:

#### **3.2.1. DINAMO - HIDRAULICO.**

**Con** el fin de obtener una medida de torque a la salida del eje del motor en cuestión, se dispone de un dinamómetro hidráulico tipo FRAUDE, que instalado al eje de salida del motor logra frenarlo, gradualmente según la necesidad. Al ser frenado el eje del motor, por efectos de acción y reacción, se produce un torque que es medido por pesas colocadas a una distancia (BRAZO) conocida, de esta manera logramos obtener un valor de torque, y con este llegar a calcular la potencia. Este dispositivo está montado sobre rodamientos, que le permiten un movimiento vasculante (fig. 3-1).

#### **3.2.2. MEDIDOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE,**

Para medir el flujo de gasolina que consume el motor, al realizar cierto

trabajo en un determinado tiempo, es necesario la utilización de una probeta graduada, la cual tiene un volumen de 50 ml., y que por medio de llaves de paso logramos cortar el flujo de combustible a ella, para luego proceder a tomar el tiempo en que se vacía.

### **3.2.3. MEDIDOR DE CONSUMO DE AIRE.**

Este es un dispositivo que nos permite medir el volumen de aire que entra al motor en un tiempo determinado.

Consiste en un tanque cilíndrico, que se encuentra por arriba del motor, este elemento posee un orificio circular con un diámetro calibrado, ubicado en una de sus caras, que sirve como entrada de aire al motor. En el extremo opuesto del cilindro, existe una membrana de caucho muy flexible, otro orificio localizado en su área lateral conecta el tanque con la boca del carburador, un manómetro de columna está conectado al interior del cilindro por un extremo, de tal modo que mide la diferencia de presión entre la atmósfera y el interior del cilindro, esta caída de presión es proporcional al flujo de aire

que pasa a través del orificio.

La formula para el cálculo del flujo másico de aire, la misma que esta en función de h,  $T_0$ ,  $P_0$  y del diámetro del orificio de entrada de aire:

$$m_a = 0.00001232 D^2 \sqrt{\frac{h P_b}{T_0}}$$

Donde:

h es el cabezal de aire en cm. de H<sub>2</sub>O.

Las unidades de  $P_b$  son [KN/m<sup>2</sup>], y las de  $T_0$  [Kl.

Todos los instrumentos de medición enumerados y descritos, no se presentan en un vehículo normal, son simplemente acoplados a este banco de pruebas, para medir parámetros y simular situaciones particulares.

Además de estos instrumentos, existen otros como, el tacómetro, manómetro de presión de aceite, manómetro de carga de batería, etc.; detallarlos estaría demás

ya que ese no es el objetivo de esta tesis.

#### **3.2.4. SISTEMA DE REFRIGERACION DEL MOTOR.**

Este banco de pruebas no posee en su sistema de refrigeración radiador y ventilador, en su lugar tiene un depósito abierto a la atmósfera con el objetivo de liberar de presión y temperatura del agua de enfriamiento que circula por el interior del motor, y que luego pasa a través de un intercambiador de calor que sirve para enfriar dicha agua.

Existe una bomba para llevar el agua que sale del intercambiador de calor y del dinamómetro, que se encuentra a una temperatura elevada, hacia una torre de enfriamiento desde donde por gravedad, ingresa nuevamente al intercambiador de calor. Debido a que el agua proveniente de la torre de enfriamiento se encuentra a una baja temperatura, esta no ingresa directamente al motor, por encontrarse a elevada temperatura, evitando de esta manera un choque térmico.

El sistema de lubricación posee otro



intercambiador de calor, refrigerado también por parte del agua que proviene de la torre de enfriamiento.

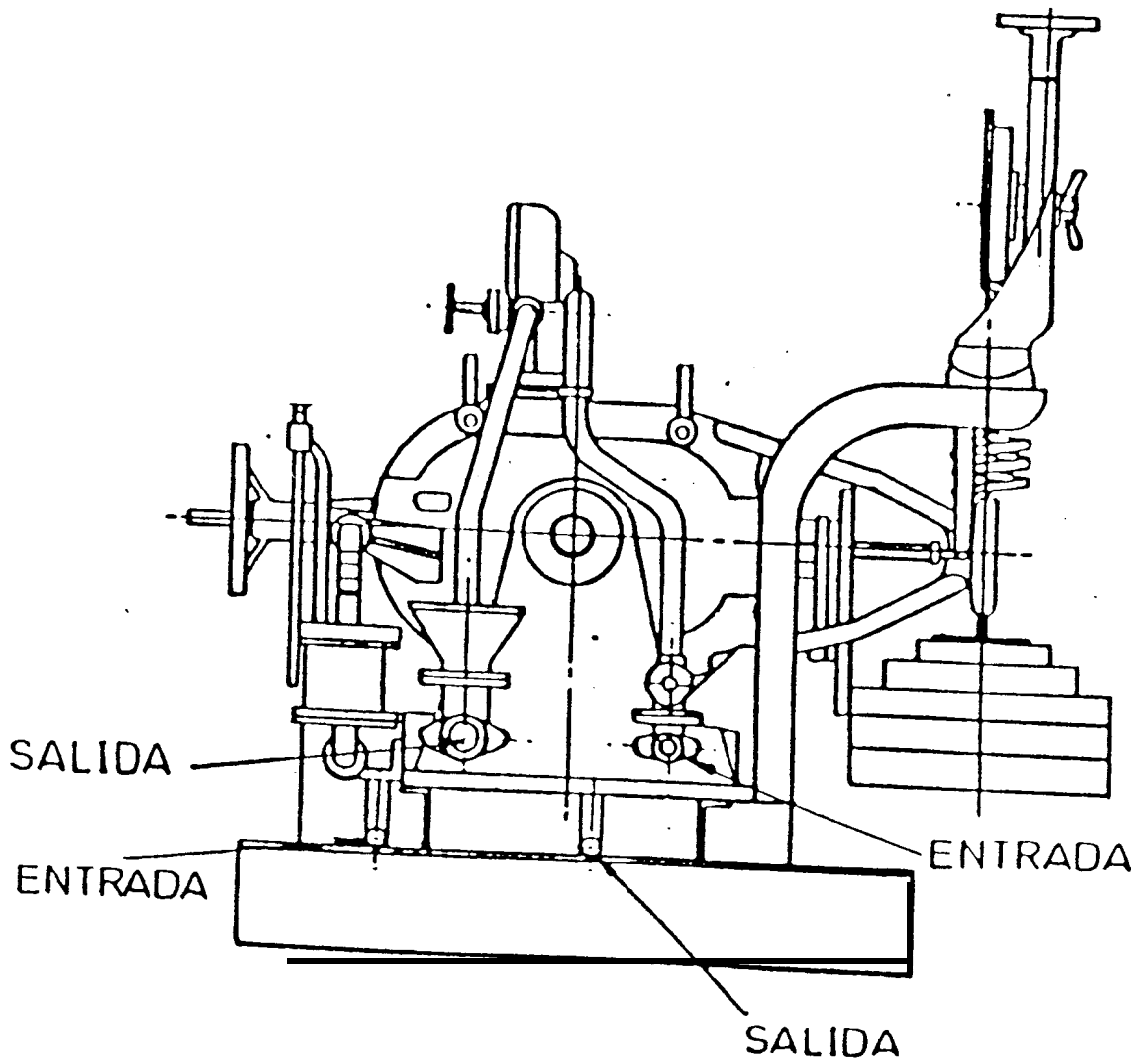


FIG. 3-1

### 3.3. CARBURACION.

Para que una chispa pueda encender totalmente un determinado combustible, es necesaria la presencia de una cantidad determinada de aire, mezclada homogéneamente (aproximadamente 15 partes de aire por uno de combustible en peso). El aumento o disminución de la velocidad está en relación directa con la cantidad de mezcla que entra en el cilindro; esto se regula con el carburador.

#### 3.3.1. DESCRIPCION, TIPO Y FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR.

El carburador elemental está constituido por un tubo cilíndrico, el cual posee una restricción (Venturi) en su sección central, una válvula mariposa, y a un surtidor de combustible.

Cuando el flujo de aire entra al carburador y pasa a través del Venturi, se produce una diferencia de presión entre las secciones, dando como resultado una succión hacia el interior que es la que arrastra el combustible del surtidor dispersándolo en la corriente de aire. La mayor succión, se va a presentar en la garganta del Venturi, para luego ir disminuyendo a medida que entra, pero siempre será mayor que en la sección anterior a la garganta. Esto se explica por medio de la ecuación de Bernoulli que concluye que la caída de presión es debida a las

pérdidas por rozamiento.

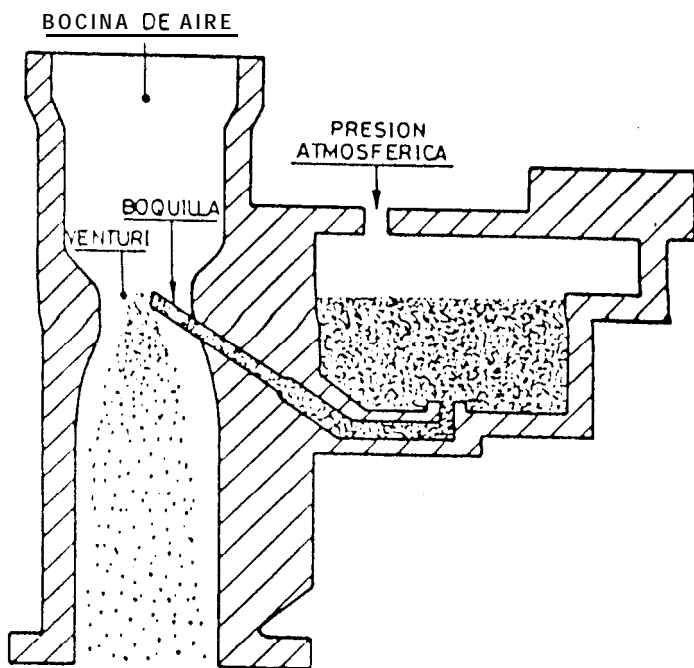
Por ser la sección donde se encuentra el Venturi, la de mayor depresión, es donde va instalado el surtidor de combustible que por su otro extremo va conectado a la cuba del carburador la que a su vez, tiene un orificio para igualar su presión a la atmosférica. Es esta diferencia de presión, entre la sección del Venturi y la presión atmosférica la que hace entrar el combustible (fig. 3-Z).

La válvula mariposa es la responsable de la cantidad de mezcla introducida al motor, estando en función de la abertura de la misma según nuestro requerimiento de potencia.

Otra función que cumple el carburador es la de dosificar, que no es más que la proporción en masa de aire y combustible que ingresa al motor. Esta proporción varía dependiendo de las condiciones en que se encuentra operando.

Al iniciarse el encendido, tanto las paredes de los cilindros como el múltiple de admisión del motor se encuentran fríos, lo que ocasiona una condensación del combustibles en ellos, y es esto lo que lleva a un empobrecimiento de la mezcla, por lo tanto debemos enriquecerla llevándola aproximadamente a

9:1. Para velocidades tanto de vacío como de crucero la mezcla se empobrece hasta 12:1 y 15:1 respectivamente. Cuando se requiere de la mayor potencia, la mezcla se enriquece hasta una proporción de 13:1. En ocasiones se necesita acelerar bruscamente, esto origina que la mariposa se abra de golpe, lo que origina una excesiva entrada de aire, que empobrece la mezcla, en el momento en que más se necesita, ocasionando un cascabeleo del motor; que es el cabeceo del pistón dentro del cilindro.



- El aire de la atmósfera al pasar por el venturi del carburador aspira combustible de la boquilla o el surtidor.

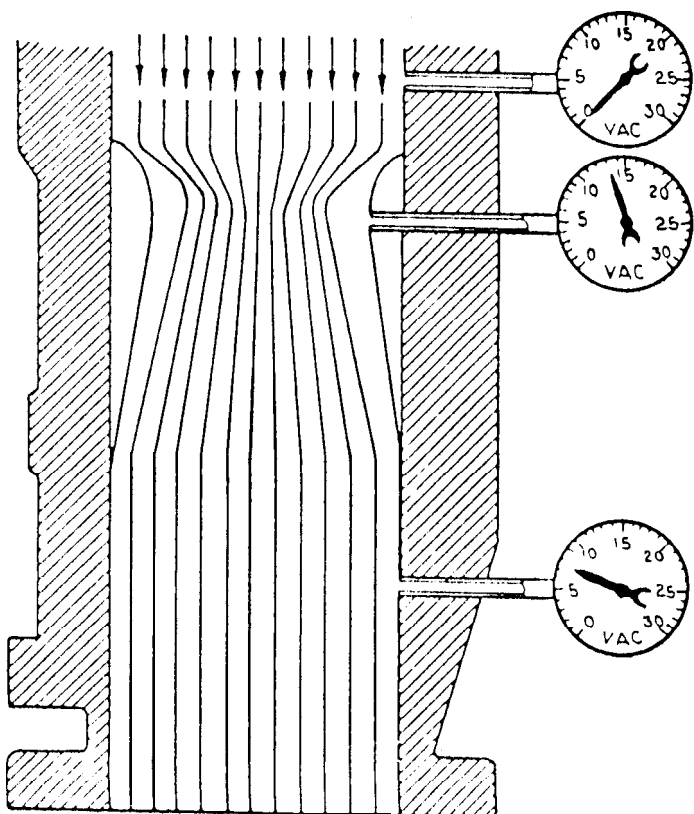


FIG. 3-2  
.- Note la variación de vacío por todo el carburador.

## CAPITULO IV

### TRABAJO EXPERIMENTAL

#### **4.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES,**

Previa a la realización de estas pruebas, se tuvo en cuenta varios factores, como el estado en el que se encuentra el motor y sus accesorios, (sistema de refrigeración, freno hidráulico, etc.). Otros factores importantes que también se tomaron en cuenta fueron la mezcla e introducción de los combustibles, la manera en que se realizaron las pruebas y la toma de datos.

##### **4.1.1. TECNICA OPERATIVA**

Para la obtención de datos confiables, se procedió a seguir un patrón establecido por el laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Mecánica, para el uso del banco de pruebas en cuestión.

El procedimiento a seguir manteniendo el acelerador al 50% de su abertura y variando las R.P.S y la carga fue:

- Primero conectamos las bombas de alimentación del sistema de refrigeración y de la torre de enfriamiento, para

garantizarnos un buen suministro de refrigerante.

- Conectamos la batería y los instrumentos eléctricos de medición, poniendo el switch en posición de arranque.

- Procedemos a ahogar y dar arranque al motor, dejando que este se caliente durante unos minutos hasta que se estabiliza a una temperatura aproximada de 93 grados centígrados.

- Utilizando el acelerador, incrementamos la velocidad a 72 R.P.S., aumentando luego la carga llevamos nuevamente el motor a 72 R.P.S.; repitiendo este procedimiento hasta que el acelerador este al 50% de abertura y la máquina funcione a 72 R.P.S..

- Al estabilizarse el comportamiento de la máquina se procede a tomar las siguientes lecturas:

\* Presión y temperatura ambiente.

\* Número de revoluciones del motor.

\* Tiempo de consumo de los 50 cc. de



combustible.

\* Torque producido por el freno a la salida del eje.

\* Presión en la admisión del motor.

- Luego disminuimos la velocidad del motor en 4 R.P.S., aplicando mas carga. Se espera que se den las condiciones estables, **Y** se toma otra serie de lecturas. Se repite el procedimiento anterior hasta llegar a 20 R.P.S..

- Antes de descargar totalmente la máquina, se debe reducir la apertura del acelerador, para evitar que el motor se embale.

- Por último se procede a desconectar el interruptor de encendido, para apagar el motor.

- Con los datos obtenidos, calculamos la potencia, consumo específico de combustible, **Y** la relación aire-combustible.

- Estos cálculos los tabulamos y graficamos versus la velocidad del motor

en R.P.M..

#### 4.1.2. PUESTA A PUNTO DEL MOTOR

Antes de empezar a realizar las pruebas correspondientes al funcionamiento del motor, se procedió a un chequeo visual de las condiciones de cada uno de los componentes del mismo. En este se observo daños en ciertos elementos , debido al desgaste provocado por el uso del motor en pruebas anteriores.

Es así que los elementos cambiados por efecto de esta revisión fueron:

Banda del alternador.- Presentaba agrietamientos.

- Platino y Condensos.- Los mismos que se encontraban en mal estado.

- Cables de distribución.- Se presentaban quemados, debido al excesivo calor.

Diafragma del Carburador.- Se lo encontró roto.

- Carburador.- Se procedió a desarmarlo y

a hacerle una limpieza total.

- Bujías.- Presentaban demasiado carbón y desgaste.

- Silenciador.- Se le hizo reparaciones, ya que presentaba fugas de gas.

- Intercambiador de calor del sistema de refrigeración.- Se procedió a desarmar y limpiarlo, debido a que presentaba gran cantidad de oxido e incrustaciones.

- Cabezote.- Se lo removió, para proceder a descarbonizarlo, ya que presentaba residuos de hollín.

- Empaque de Cabezote.- Se lo cambió con uno de 4.8 mm. para variar el volumen de la cámara de combustión y por lo tanto la relación de compresión.

- Aceite.- Se hizo un cambio de aceite y filtro.

Después de arreglar o reemplazar, según las necesidades, los elementos defectuosos por otros en buen estado, procedimos a

realizar la calibración adecuada de los mismos.

Se colocó el cabezote, y se realizó la calibración de las válvulas de admisión y escape. Con la ayuda de una lámpara para calibración del encendido, se procedió a calibrar el motor.

También se revisaron las instalaciones eléctricas, ya que se encontró una fuga de corriente, por un terminal de la bobina, que provocó que el combustible no se quemara bien, debido a una deficiente chispa en las bujías. Se procedió al reemplazo y correcto ajuste del terminal.

#### **4.1.3. MEZCLA E INTRODUCCION DE LOS COMBUSTIBLES,**

En cuanto a la manera en que se realizaron las mezclas, podemos decir que estas se las hizo en función del volumen de los combustibles y no en función de sus masas.

Esto es debido a que el enfoque de esta tesis, es hacia la manera en que se realizan las adulteraciones.

Al combinar el Diesel con la Gasolina se obtiene una mezcla que posee características diferentes a ambas. La principal característica que varía es la densidad, ésta fue calculada en función de las densidades y los porcentajes en volumen de ambos combustibles:

$$\rho_{mezcla} = \frac{\%gasolina * \rho_{gasolina} + \%diesel * \rho_{diesel}}{100}$$

Luego de mezclar y homogenizar ambos combustibles para comprobar la buena miscibilidad entre ellos, se procedió a dejarlos reposar en el interior de un frasco cerrado, por un período de cuatro días, sin ser sometido a agitación alguna. Al observar la muestra luego del tiempo mencionado, se pudo verificar a simple vista que la mezcla se mantenía homogénea, sin formar capas diferenciadas entre ambos combustibles.

Se hizo necesario el uso de vasos y pipetas graduadas al igual que recipientes en los cuales realizamos las mezclas, para posteriormente ser agitada por el lapso de aproximadamente un minuto, debido a que

teníamos que asegurar la máxima homogeneidad de la mezcla antes de introducirla en el tanque de combustible.

Además el volumen de combustible mezclado, fue calculado para el consumo de una prueba a la vez, para no desperdiciar combustible y asegurarnos una mezcla mas homogénea.

Antes de introducir la mezcla al reservorio de combustible, se debe drenar todo el remanente de combustible existente, ya sea en el tanque o en las cañerías, para que el combustible que introducimos no se altere en sus porcentajes, este desalojo lo realizamos por medio de todas las válvulas de drenaje que existen en el circuito de alimentación de combustible.

#### **4.1.4. REALIZACION DE LAS PRUEBAS PARA MEZCLAS DE GASOLINA Y DIESEL EN BAJOS PORCENTAJES,**

El fin de este trabajo, es llegar a obtener los valores máximos a los cuales puede un motor de combustión interna encendido por chispa (gasolina), trabajar

con relativa eficiencia.

Debido al desconocimiento de estos valores y a la gran cantidad de pruebas por realizar (tres por cada porcentaje para la confiabilidad de los resultados) y para ir monitoreando los cambios que se producen, el análisis fue dividido en dos partes, para mezclas con bajos y altos porcentajes de diesel; siendo el objetivo de esta tesis el estudio para bajos porcentajes de diesel en la mezcla.

El punto medio fue seleccionado realizando pruebas a partir del 5% de diesel en volumen de la mezcla, para sucesivamente ser incrementado en porcentajes iguales progresivamente, hasta la que el motor se comporte de manera inestable. A partir de este punto se fue disminuyendo el porcentaje de diesel de la mezcla en 1% sucesivamente, hasta hallar el valor para el cual el motor se comporta de una manera relativamente estable, en donde se hace posible la obtención de los datos.

La gasolina que se utilizó para este fin, debía cumplir con un alto nivel de pureza

sin permitirse adulteraciones en ella, por este motivo se le realizó exámenes para verificar sus propiedades y pureza, las mismas que tuvieron lugar en el laboratorio del Instituto de Ciencias Químicas de la E.S.P.O.L. (Apéndice A).

Por medio de este análisis podemos obtener la curva de destilación de la gasolina utilizada (APENDICE B).



#### 4.2. FORMULAS A EMPLEARSE PARA CALCULOS,

##### POTENCIA:

$$P = \frac{T * N}{9549.305} [Kw]$$

Donde:

T = torque, N-m.

N = revoluciones por minuto del motor.

##### FLUJO MASICO DE COMBUSTIBLE:

$$\dot{m}_c = \frac{c.c. * \rho_c}{t}$$

Donde:

c.c. = volumen, cm<sup>3</sup>.

$\rho_c$  = densidad del combustible, gr/cm<sup>3</sup>

t = tiempo, seg.

##### CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE [gr/Kw-h]:

$$C.E.C. = \frac{\dot{m}_c}{P}$$

FLUJO MASICO DE AIRE [gr/h]:

$$\dot{m}_a = 0.00001232 D^2 \sqrt{\frac{h_o P_a}{T_a}}$$

Donde:

D = diámetro del orificio medidor, mm.

h<sub>o</sub> = cabezal de aire, cm. H<sub>2</sub>O.

P<sub>a</sub> = presión atmosférica, cm. H<sub>2</sub>O.

T<sub>a</sub> = temperatura atmosférica, K.

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

Donde:

A/C = relación aire-combustible.

#### 4.3. DATOS Y CURVAS CARACTERISTICAS.

4.3.1. Curvas características del motor funcionando con gasolina super, versus revoluciones por minuto, gráficos de potencia, torque, consumo específico de combustible y relación de aire-combustible,

DATOS PROMEDIO AL 0 % DE DIESEL

Ta= 24.5 C

Pa= 758.7 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot (KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	13.15	30.50	58.30	26.374	0.0028	0.0268	9.414	388.782
68	4080	14.10	27.50	61.60	26.319	0.0027	0.0255	9.584	363.349
64	3840	15.02	25.20	63.10	25.374	0.0025	0.0244	9.774	353.797
60	3600	16.11	23.00	64.50	24.316	0.0023	0.0233	10.015	344.212
56	3360	17.84	21.10	64.80	22.800	0.0021	0.0223	10.622	331.493
52	3120	19.49	18.00	63.80	20.845	0.0019	0.0206	10.718	331.892
48	2880	23.16	15.60	59.20	17.854	0.0016	0.0192	11.857	326.085
43	2580	26.66	14.30	56.80	15.346	0.0014	0.0184	13.068	329.576
40	2400	28.16	13.50	57.10	14.351	0.0013	0.0178	13.412	333.660
36	2160	29.91	12.20	61.20	13.843	0.0013	0.0170	13.542	325.659
33	1980	30.31	11.10	63.80	13.229	0.0012	0.0162	13.090	336.289
30	1800	31.22	10.30	66.00	12.441	0.0012	0.0156	12.988	347.164
28	1680	32.80	9.10	65.50	11.523	0.0011	0.0146	12.826	356.746
24	1440	36.09	6.60	66.00	9.953	0.0010	0.0125	12.018	375.397
20	1200	43.45	6.10	64.00	8.042	0.0009	0.0120	13.910	385.863

TABLA IV - I

# MEZCLA AL 0 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

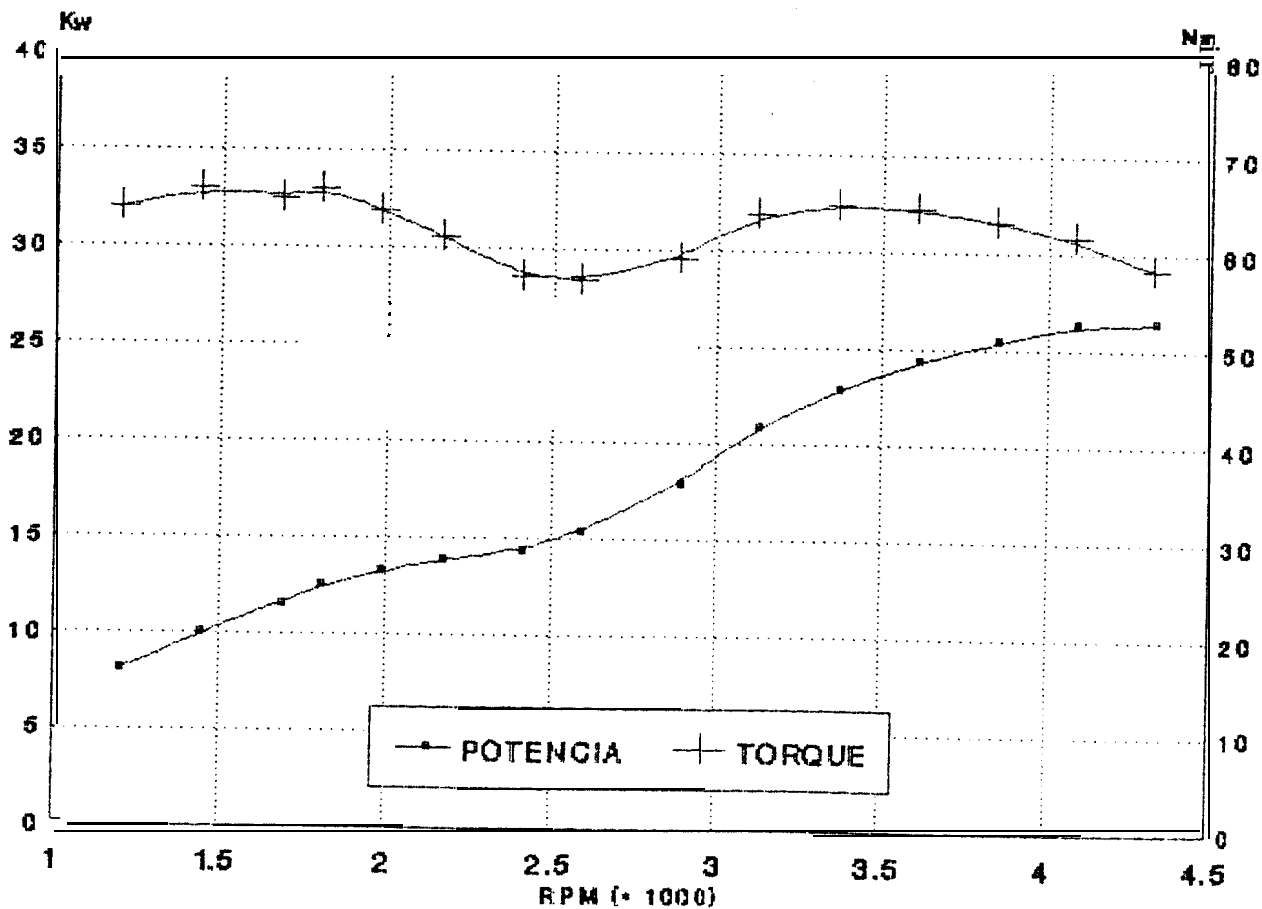


FIG. 4-1

# MEZCLA AL 0 % DIESEL

## A/G y C.E.G. vs Velocidad

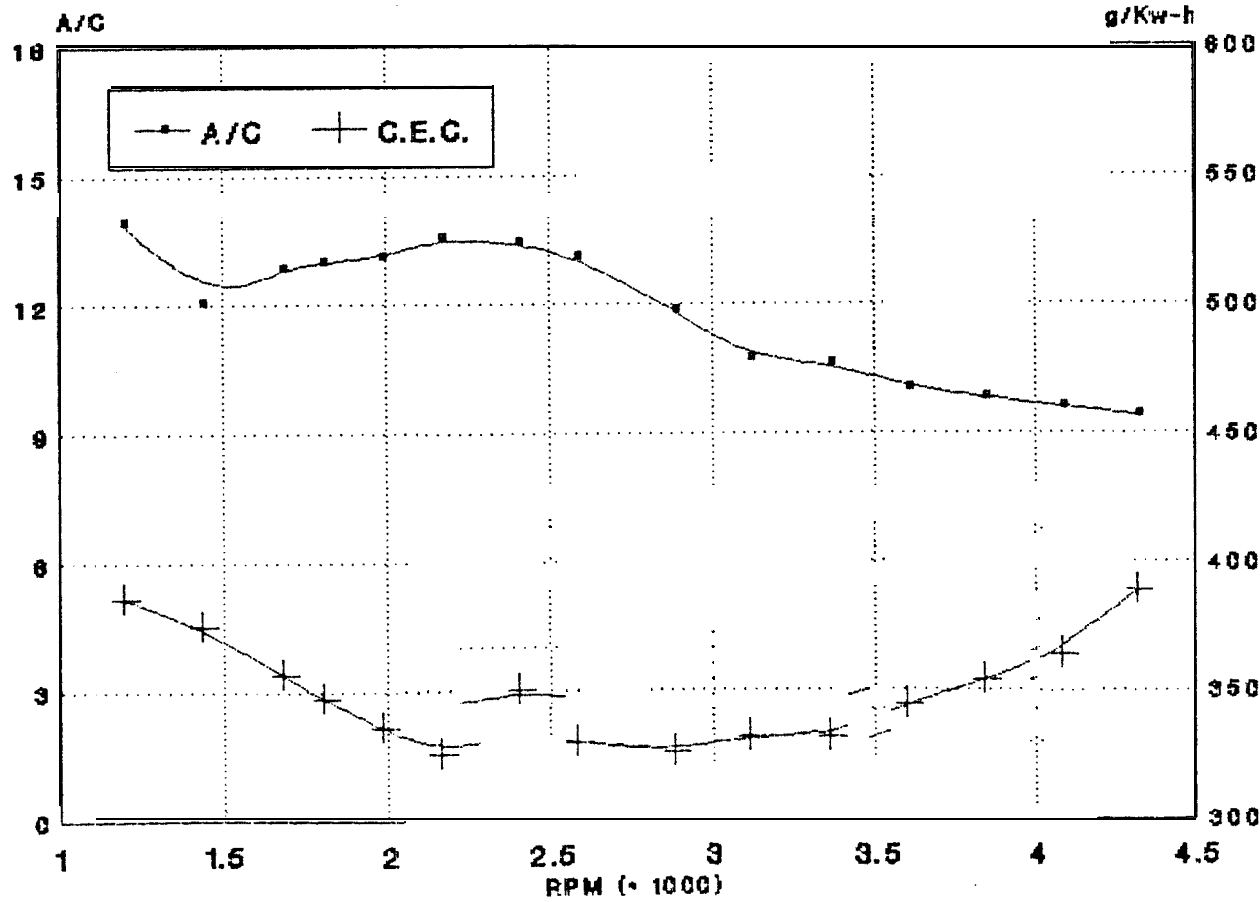


FIG. 4-2

4.3.2. Curvas características del motor funcionando con mezclas de gasolina y bajos porcentajes de diesel.

DATOS PROMEDIO AL 1 % DE DIESEL

T<sub>a</sub> = 25 C

P<sub>a</sub> = 758.8 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot (kW)</u>	<u>Mc(kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	13.21	30.7	57.0	25.7862	0.0028	0.0269	9.478	396.212
68	4080	13.64	28.0	61.5	26.2763	0.0027	0.0257	9.346	376.565
64	3840	14.24	25.4	64.1	25.7761	0.0026	0.0245	9.293	367.697
60	3600	15.24	24.0	65.3	24.6175	0.0025	0.0238	9.668	359.740
56	3360	16.98	20.5	65.3	22.9763	0.0022	0.0220	9.955	345.939
52	3120	18.49	18.2	65.3	21.3352	0.0020	0.0207	10.215	342.125
50	3000	20.09	16.4	62.5	19.6349	0.0019	0.0197	10.535	342.143
40	2400	27.34	13.0	55.0	13.8230	0.0014	0.0175	12.765	357.122
36	2160	28.57	11.6	59.5	13.4586	0.0013	0.0165	12.600	351.001
32	1920	29.47	10.3	65.0	13.0690	0.0013	0.0156	12.247	350.424
28	1680	32.93	11.3	65.3	11.4882	0.0011	0.0140	12.285	356.759
24	1440	35.39	6.6	67.0	10.1034	0.0011	0.0125	11.773	377.460
20	1200	44.16	6.0	63.8	8.0173	0.0008	0.0119	14.007	381.205

B



# MEZCLA AL 1% DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

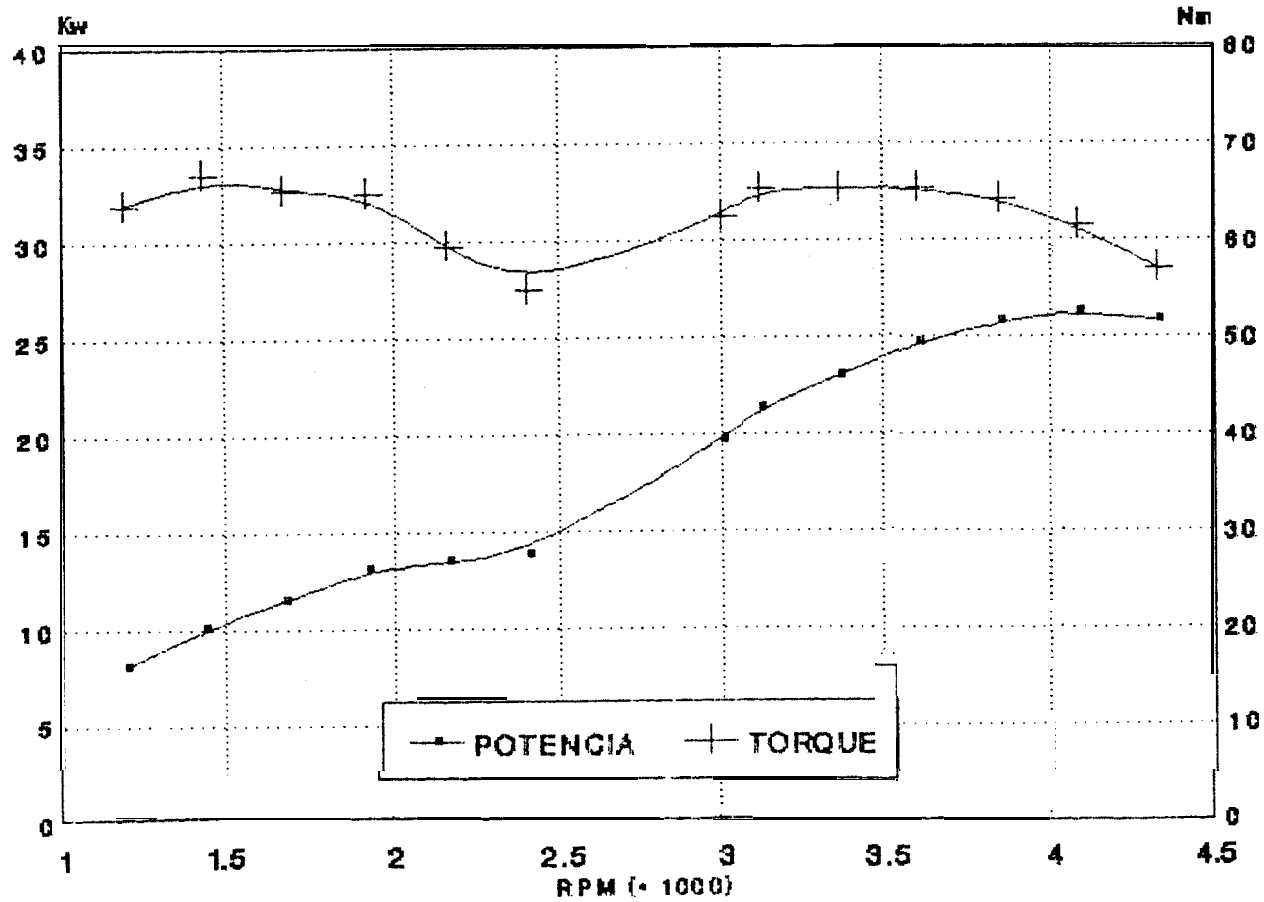


FIG. 4 - 3

# MEZCLA AL 1 % DIESEL

## A/G y C.E.C. vs Velocidad

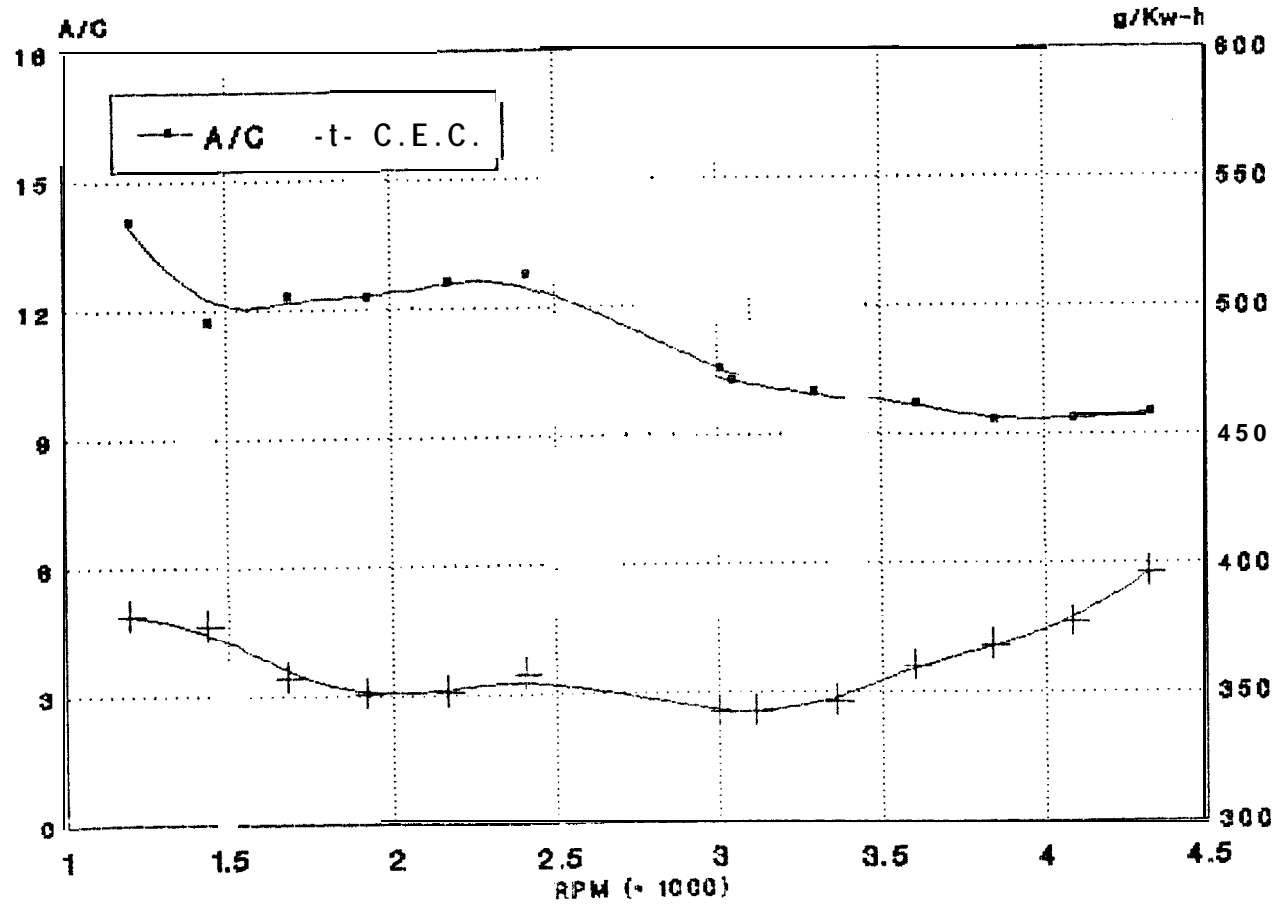


FIG. 4-12

DATOS PROMEDIO AL 2 % DE DIESEL

Ta = 24.5 C

Pa = 758.2 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot(KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/kw-h)</u>
72	4320	13.62	30.0	53.0	23.977	0.0028	0.0266	9.651	413.673
68	4080	13.84	27.3	58.5	24.994	0.0027	0.0254	9.355	390.519
64	3840	14.52	24.6	61.8	24.851	0.0026	0.0241	9.317	374.376
60	3600	15.79	23.0	62.5	23.562	0.0024	0.0233	9.797	363.102
56	3360	16.99	20.1	64.0	22.519	0.0022	0.0217	9.842	353.087
52	3120	18.59	17.6	63.2	20.649	0.0020	0.0204	10.090	351.919
50	3000	19.64	15.4	60.5	19.007	0.0019	0.0191	9.971	361.889
47	2820	22.00	16.7	57.5	16.980	0.0017	0.0198	11.631	361.621
38	2280	28.27	12.2	58.2	13.896	0.0013	0.0170	12.775	343.883
36	2160	28.39	11.4	61.1	13.820	0.0013	0.0164	12.401	344.297
32	1920	29.03	10.0	63.5	12.767	0.0013	0.0154	11.877	364.478
28	1680	32.51	8.1	65.7	11.559	0.0012	0.0138	11.970	359.503
24	1440	36.23	6.4	65.6	9.892	0.0010	0.0123	11.858	376.929
20	1200	42.36	6.0	65.5	8.231	0.0009	0.0119	13.424	387.450

TABLA IV - III

# MEZCLA AL 2 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

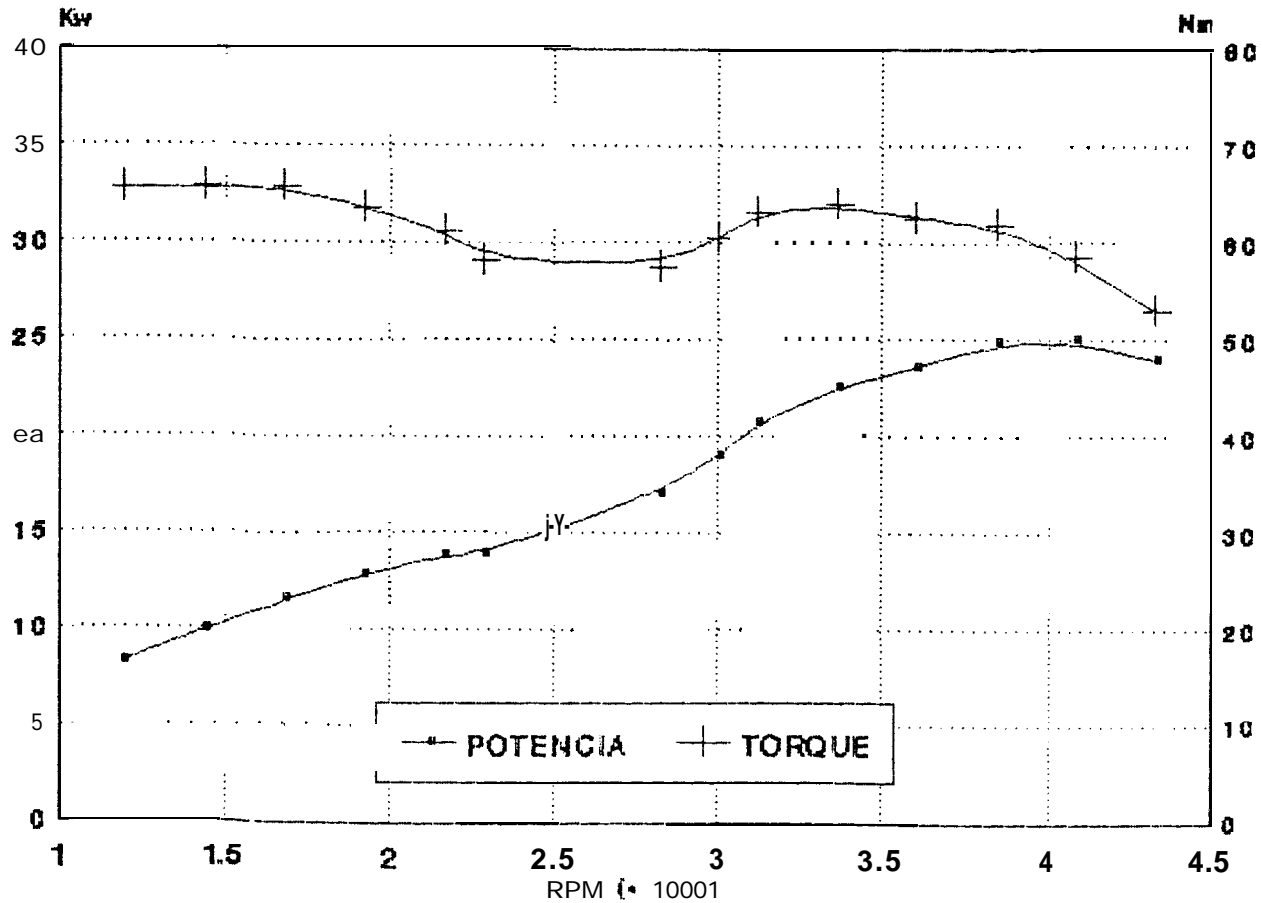


FIG. 4-4

# MEZCLA AL 2 % DIESEL

## A/G y G.E.C. vs Velocidad

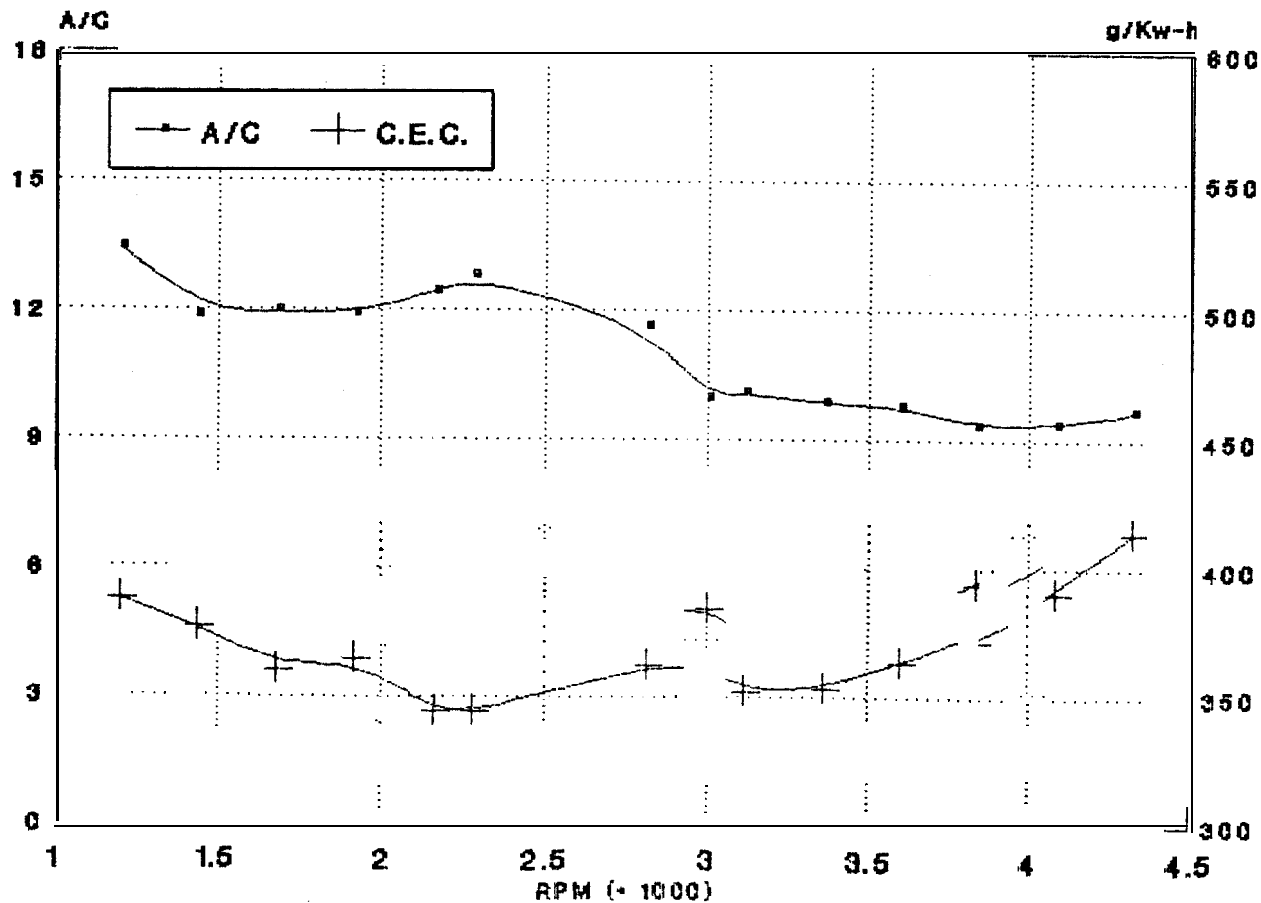


FIG. 4 - 13

DATOS PROMEDIO AL 3 % DE DIESEL

Ta = 24.5 C

Pa = 758.1 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot (KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	13.21	29.5	56.2	25.424	0.0028	0.0264	9.274	402.601
68	4080	14.13	26.5	57.9	24.738	0.0027	0.0250	9.402	386.827
64	3840	14.88	25.0	59.0	23.725	0.0025	0.0243	9.616	383.012
60	3600	15.77	23.1	62.2	23.449	0.0024	0.0233	9.797	365.657
56	3360	18.02	20.4	59.9	21.076	0.0021	0.0219	10.520	356.022
52	3120	19.66	17.8	59.1	19.309	0.0019	0.0205	10.721	356.182
50	3000	20.39	16.4	58.5	18.378	0.0018	0.0197	10.673	360.831
36	2160	28.50	12.5	58.0	13.119	0.0013	0.0172	13.024	361.636
32	1920	30.59	11.1	59.2	11.903	0.0012	0.0162	13.173	371.360
28	1680	33.12	9.3	60.8	10.696	0.0011	0.0148	13.055	381.676
24	1440	36.30	6.8	63.9	9.636	0.0010	0.0127	12.235	386.570
20	1200	42.95	6.2	62.8	7.892	0.0009	0.0121	13.823	398.928

TABLA IV - IV

# MEZCLA AL 3 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

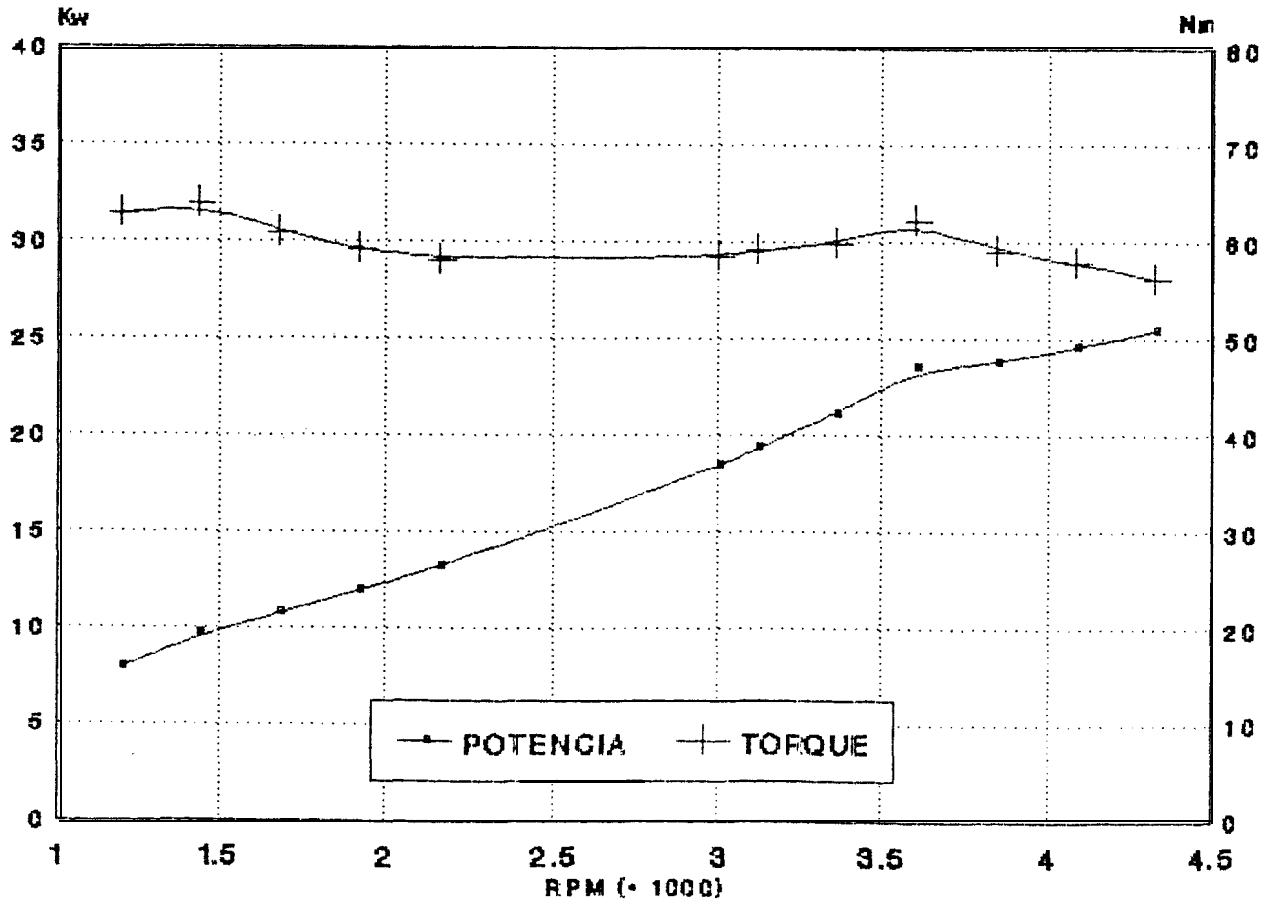


FIG. 4-5

# MEZCLA AL 3 % DIESEL

## A/C y C.E.G. vs Velocidad

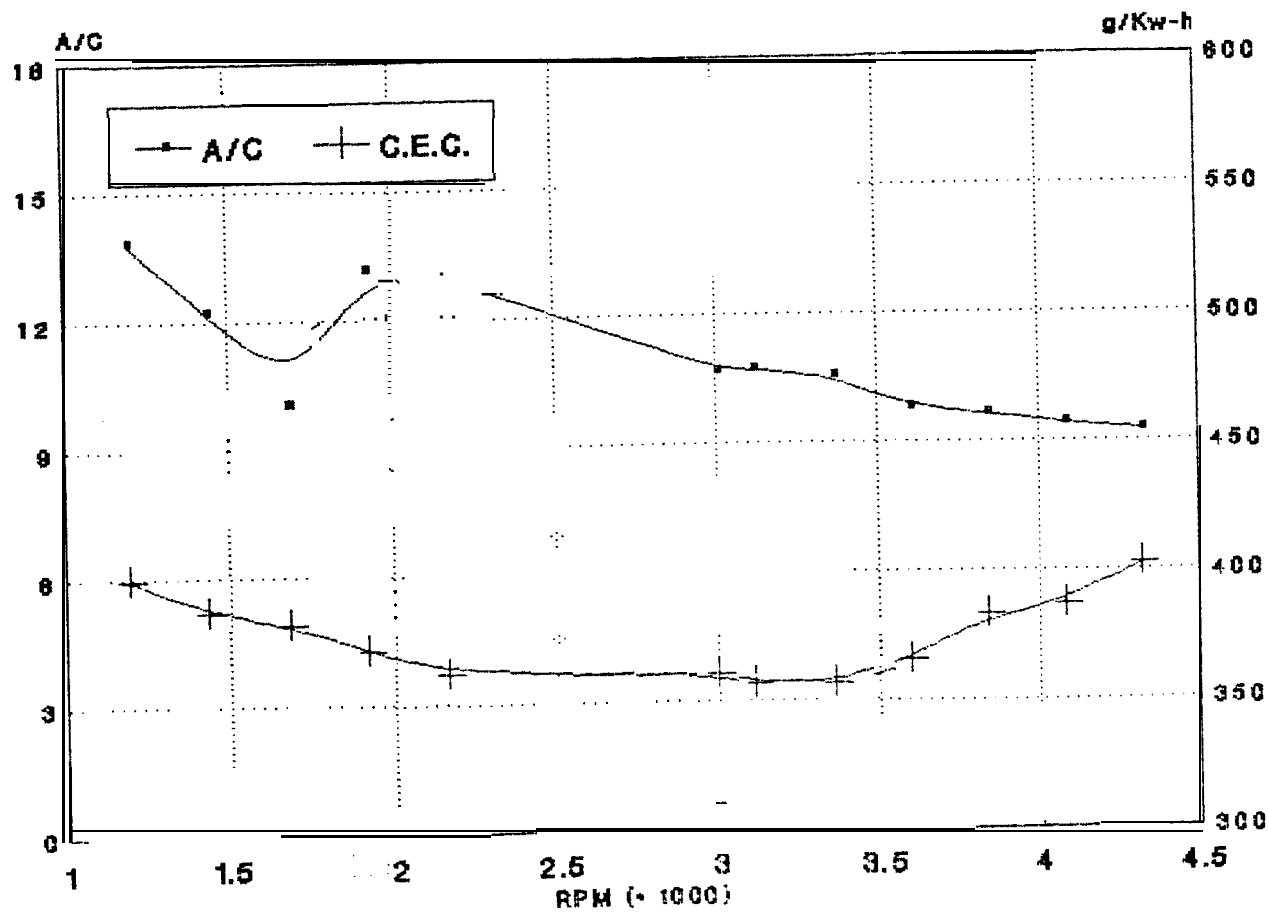


FIG. 4-14



DATOS PROMEDIO AL 4 % DE DIESEL

Ta = 25 C

Pa = 759.2 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot(KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	12.75	32.0	56.5	25.560	0.0029	0.0275	9.314	415.298
68	4080	13.49	29.2	59.2	25.294	0.0028	0.0262	9.413	396.651
64	3840	14.52	26.4	60.0	24.127	0.0026	0.0249	9.634	386.325
60	3600	15.53	24.5	61.2	23.072	0.0024	0.0240	9.926	377.726
56	3360	17.38	21.6	61.0	21.463	0.0022	0.0226	10.431	362.813
53	3180	18.83	19.3	59.5	19.814	0.0020	0.0213	10.682	362.750
38	2280	28.30	13.8	46.4	11.079	0.0013	0.0180	13.576	431.681
36	2160	29.09	13.2	52.6	11.898	0.0013	0.0176	13.648	391.038
32	1920	30.38	11.8	59.1	11.883	0.0012	0.0167	13.476	374.909
28	1680	33.27	9.9	59.9	10.538	0.0011	0.0153	13.518	386.023
24	1440	36.09	7.0	63.4	9.560	0.0010	0.0128	12.330	392.250
20	1200	43.47	6.5	61.1	7.678	0.0009	0.0124	14.311	405.499

TABLA I V - V

# MEZCLA AL 4 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

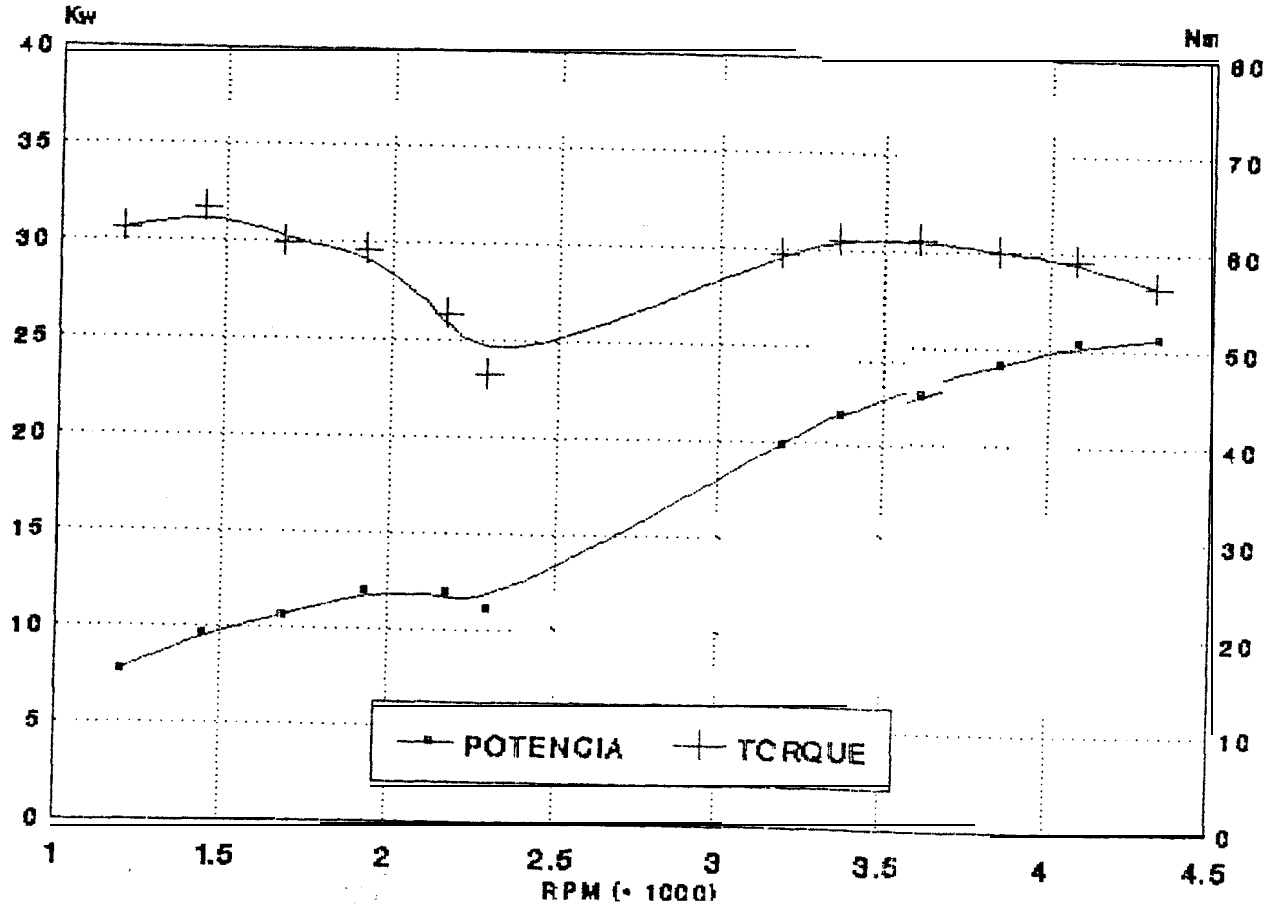


FIG. 4-6

# MEZCLA AL 4 % DIESEL

## A/G y G.E.C. vs Velocidad

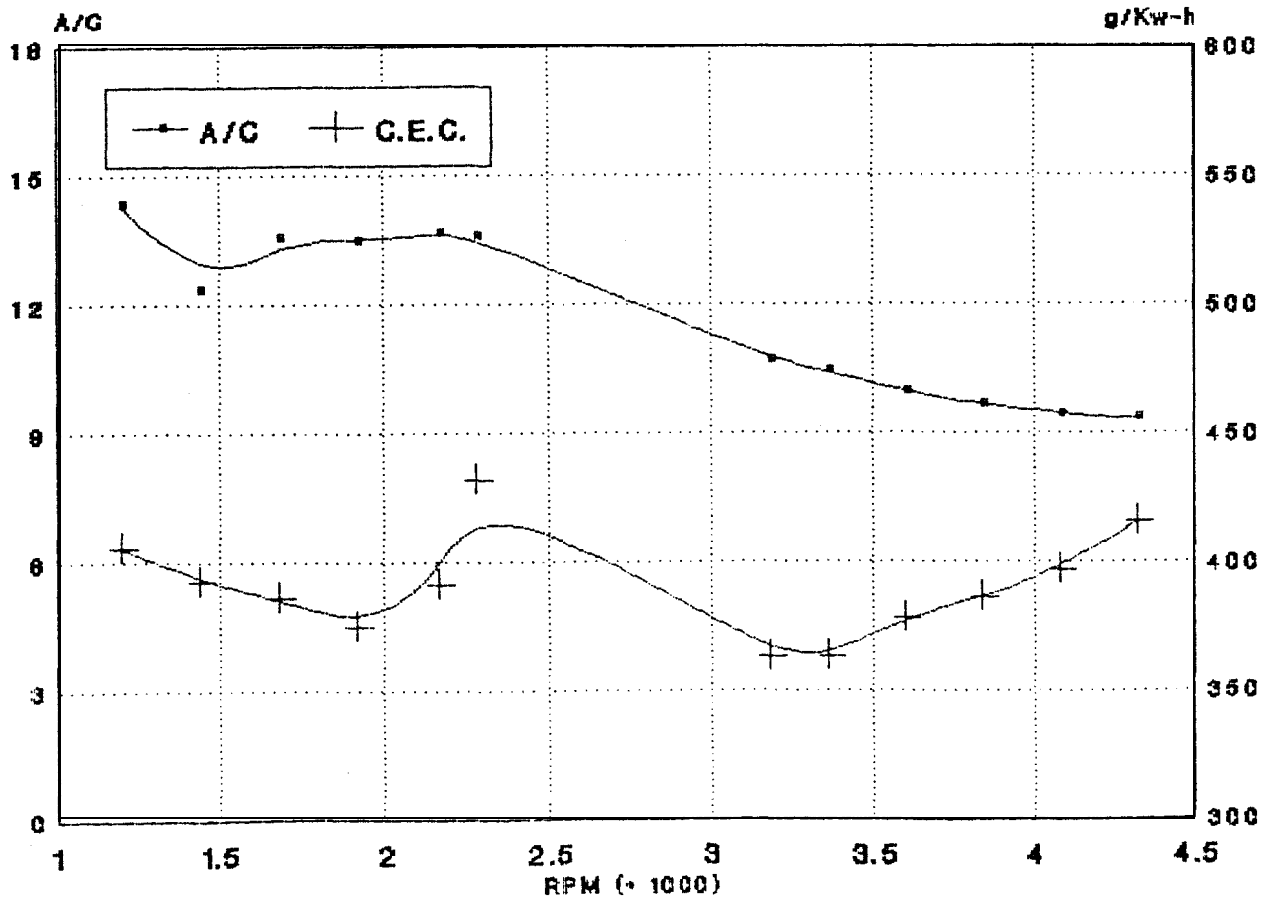


FIG. 4-15

DATOS PROMEDIO AL 5 % DE DIESEL

Ta = 25 C

Pa = 760 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot(KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A\C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	12.82	32.5	56.0	25.334	0.0029	0.0277	9.429	417.105
68	4080	13.41	29.5	59.0	25.208	0.0028	0.0264	9.397	400.742
64	3840	14.12	26.7	61.0	24.530	0.0027	0.0251	9.413	391.120
60	3600	15.11	25.0	62.5	23.562	0.0025	0.0243	9.747	380.503
56	3360	16.95	21.5	62.3	21.921	0.0022	0.0225	10.140	364.593
54	3240	18.02	20.0	62.5	21.206	0.0021	0.0217	10.397	354.508
38	2280	26.70	14.0	40.0	9.550	0.0014	0.0182	12.889	531.251
36	2160	26.65	13.4	47.0	10.631	0.0014	0.0178	12.586	478.142
34	2040	28.69	12.5	48.5	10.361	0.0013	0.0172	13.086	455.725
32	1920	29.28	11.9	57.5	11.561	0.0013	0.0167	13.031	400.189
30	1800	30.19	11.1	61.0	11.496	0.0012	0.0162	12.976	390.248
28	1680	32.15	10.0	61.5	10.820	0.0012	0.0154	13.116	389.440
26	1560	34.12	8.1	61.8	10.096	0.0011	0.0138	12.528	393.263
24	1440	36.31	7.3	62.0	9.349	0.0010	0.0131	12.657	399.048
22	1320	39.16	6.9	62.1	8.584	0.0010	0.0128	13.271	402.993
20	1200	41.45	6.5	63.1	7.929	0.0009	0.0124	13.634	412.164

TABLA IV - VI

# MEZCLA AL 5 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

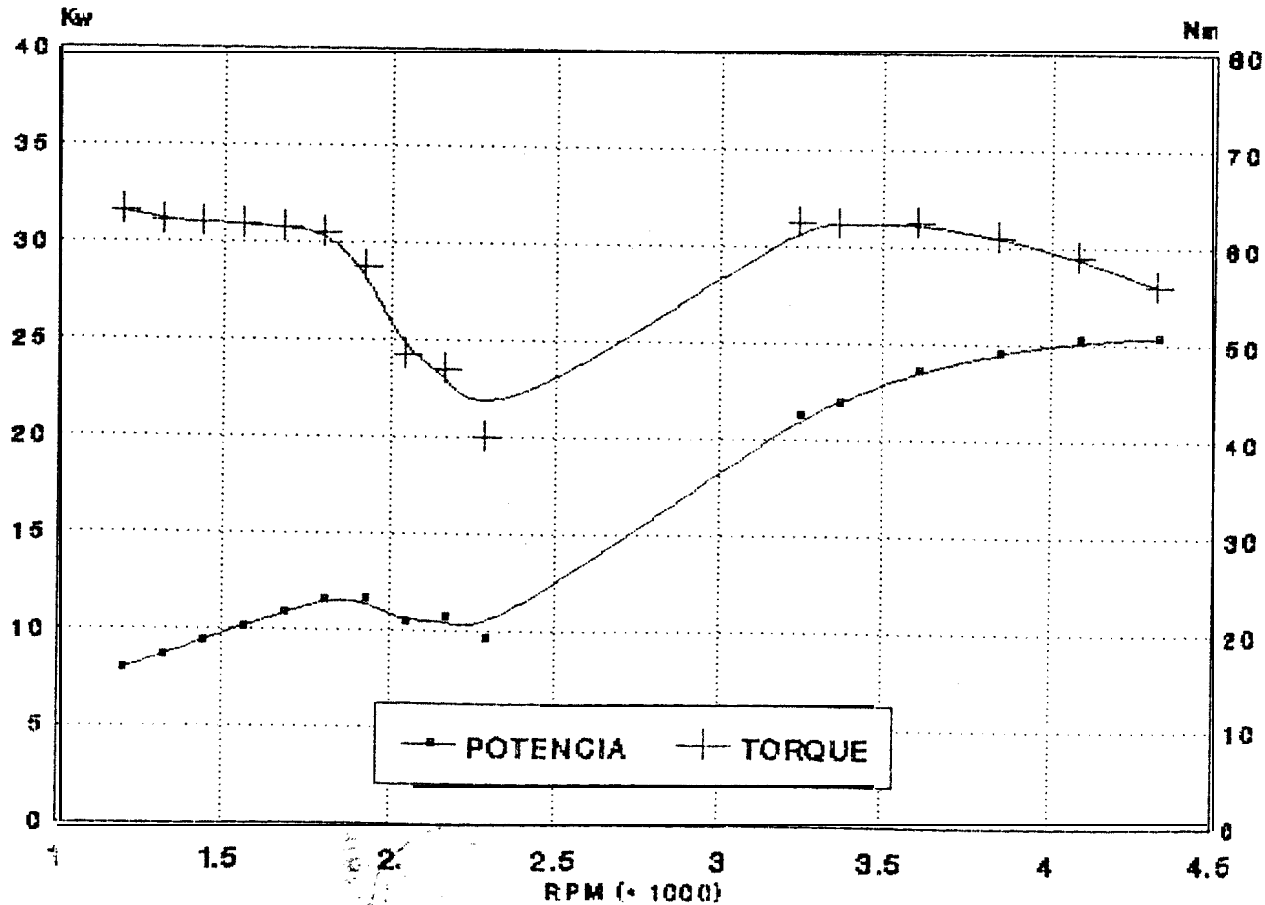


FIG. 4-7

# MEZCLA AL 5% DIESEL

## AK y G.E.C. vs Velocidad

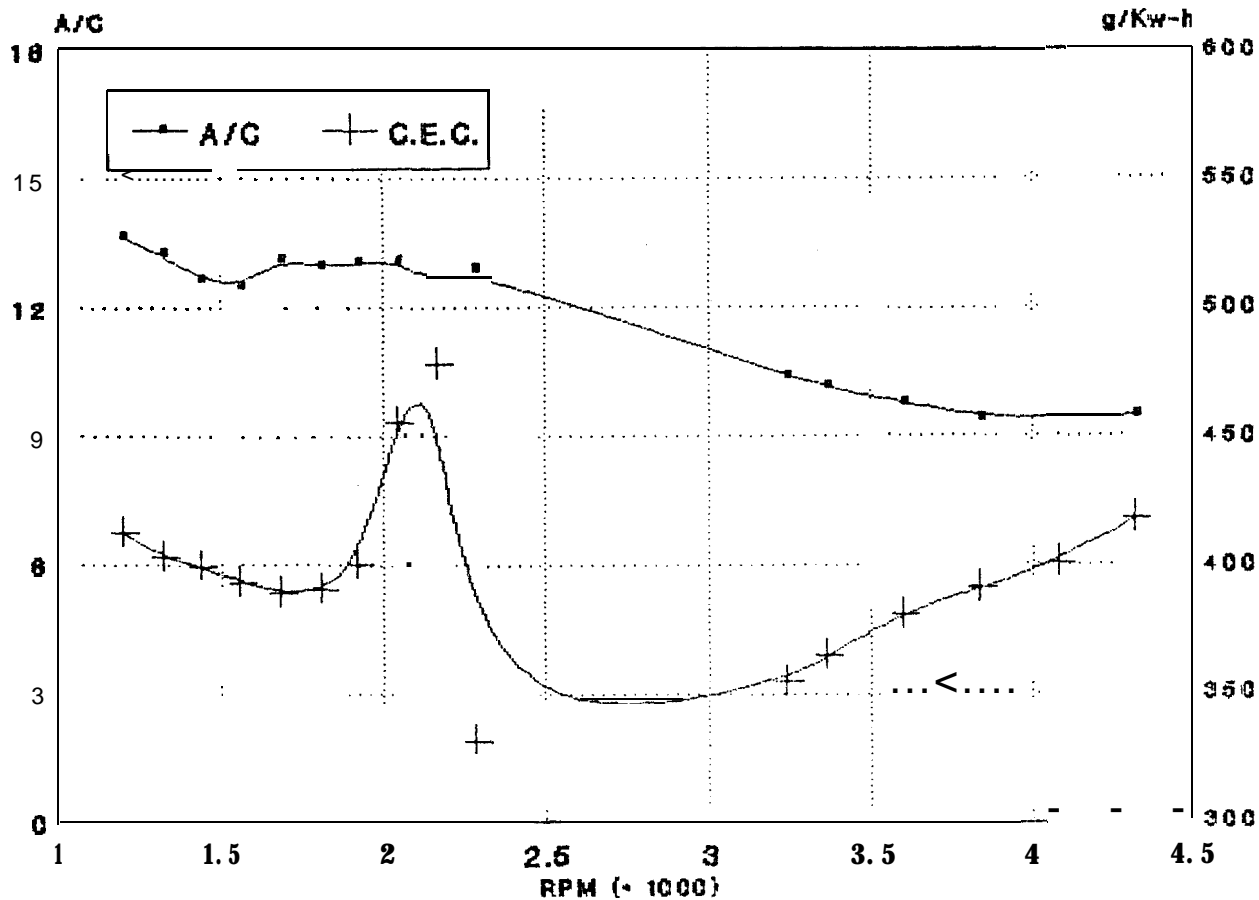


FIG. 4-16

DATOS PROMEDIO AL 6 % DE DIESEL

Ta = 25 C

Pa = 758.8 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot(KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	12.95	32.0	56.0	25.334	0.0029	0.0275	9.442	413.302
68	4080	13.53	29.0	59.0	25.208	0.0028	0.0261	9.391	397.556
64	3840	14.06	26.5	61.0	24.530	0.0027	0.0250	9.329	393.154
60	3600	15.17	25.8	62.5	23.562	0.0025	0.0247	9.932	379.351
56	3360	17.16	21.4	62.3	21.921	0.0022	0.0225	10.232	360.466
54	3240	18.27	19.0	62.5	21.206	0.0021	0.0212	10.265	349.982
36	2160	26.00	12.3	47.0	10.631	0.0014	0.0170	11.753	490.551
34	2040	28.30	11.9	48.5	10.361	0.0013	0.0167	12.583	462.435
32	1920	30.65	11.4	56.2	11.300	0.0012	0.0164	13.339	391.508
30	1800	31.06	10.6	59.5	11.215	0.0012	0.0158	13.034	389.240
28	1680	32.56	9.2	59.9	10.538	0.0012	0.0147	12.729	395.174
24	1440	35.97	7.0	61.8	9.319	0.0010	0.0128	12.266	404.499
20	1200	41.64	6.4	62.5	7.854	0.0009	0.0123	13.578	414.607

TABLA IV - VII

# MEZCLA AL 6 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

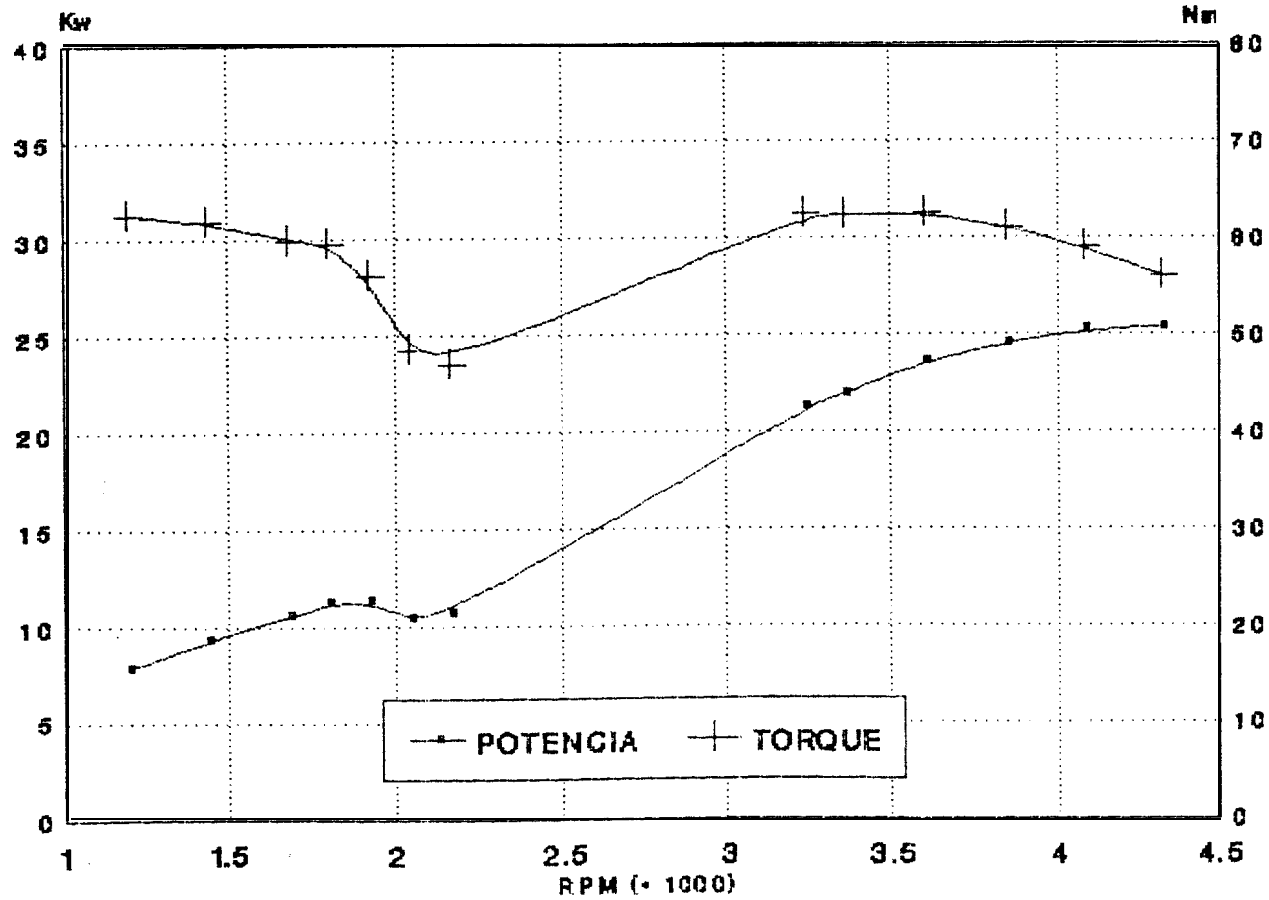


FIG. 4-8



# MEZCLA AL 6% DIESEL

## A/G y G.E.C. vs Velocidad

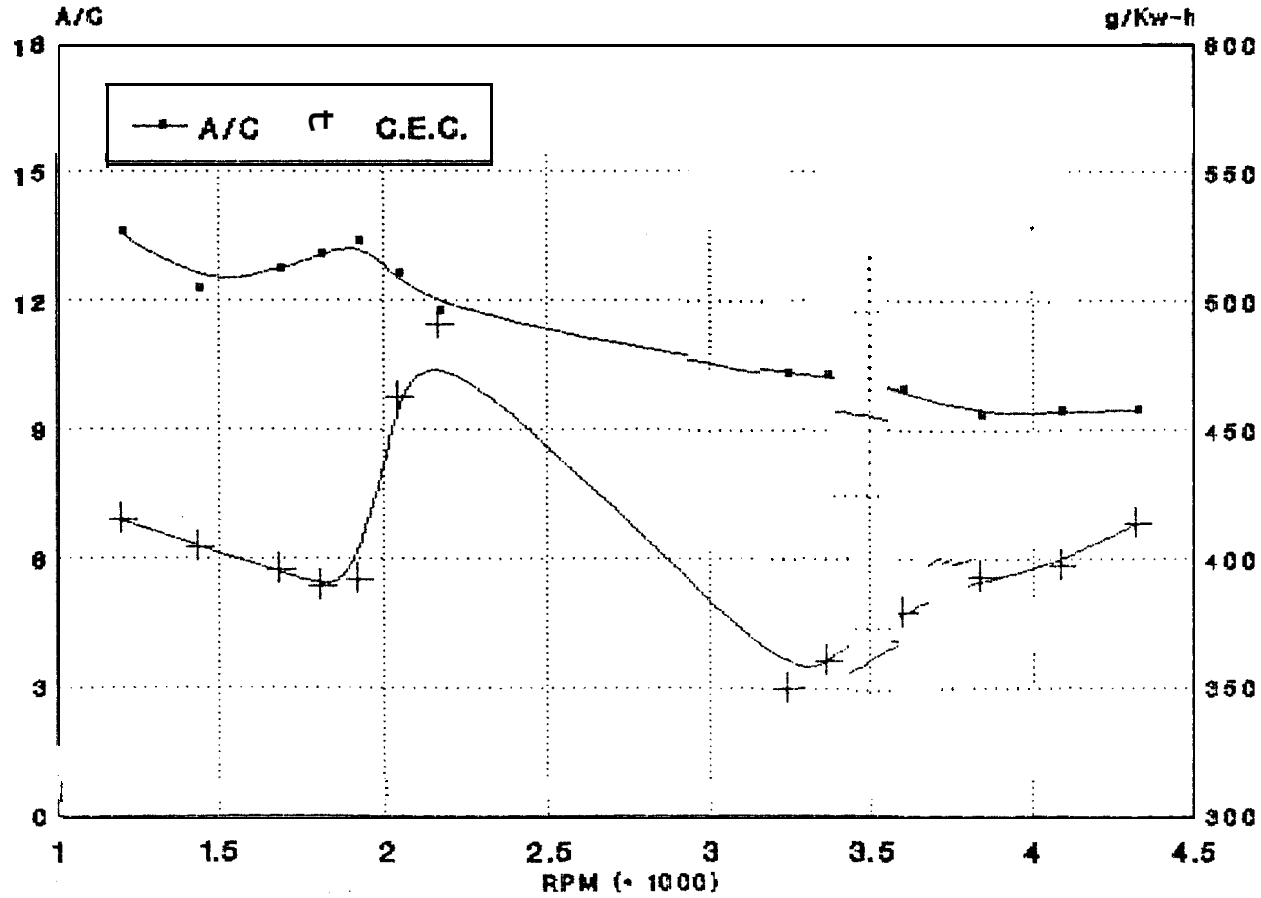


FIG. 4-17

DATOS PROMEDIO AL 7 % DE DIESEL

Ta = 24.5 C

Pa = 759.8 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot(KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	13.10	31.6	55.3	25.017	0.0029	0.0273	9.483	414.125
69	4140	13.77	29.0	56.9	24.668	0.0027	0.0261	9.549	399.544
64	3840	14.70	26.0	58.2	23.404	0.0026	0.0248	9.652	394.494
60	3600	15.76	24.3	61.0	22.996	0.0024	0.0239	10.004	374.475
56	3360	17.59	21.2	60.5	21.287	0.0021	0.0224	10.429	362.452
54	3240	18.18	19.8	59.0	20.018	0.0021	0.0216	10.417	372.924
52	3120	18.74	18.8	58.5	19.113	0.0020	0.0210	10.463	378.906
36	2160	27.19	13.0	43.0	9.726	0.0014	0.0175	12.624	513.192
34	2040	29.41	12.2	52.0	11.109	0.0013	0.0170	13.228	415.416
32	1920	30.45	11.5	57.0	11.461	0.0012	0.0165	13.297	388.909
30	1800	30.81	10.6	60.5	11.404	0.0012	0.0156	12.917	386.271
28	1680	32.45	9.5	60.3	10.609	0.0012	0.0150	12.880	394.249
24	1440	35.80	6.9	61.8	9.319	0.0011	0.0128	12.110	406.797
20	1200	42.37	6.3	60.5	7.603	0.0009	0.0122	13.695	421.324

TABLA IV - VIII

# MEZCLA AL 7 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

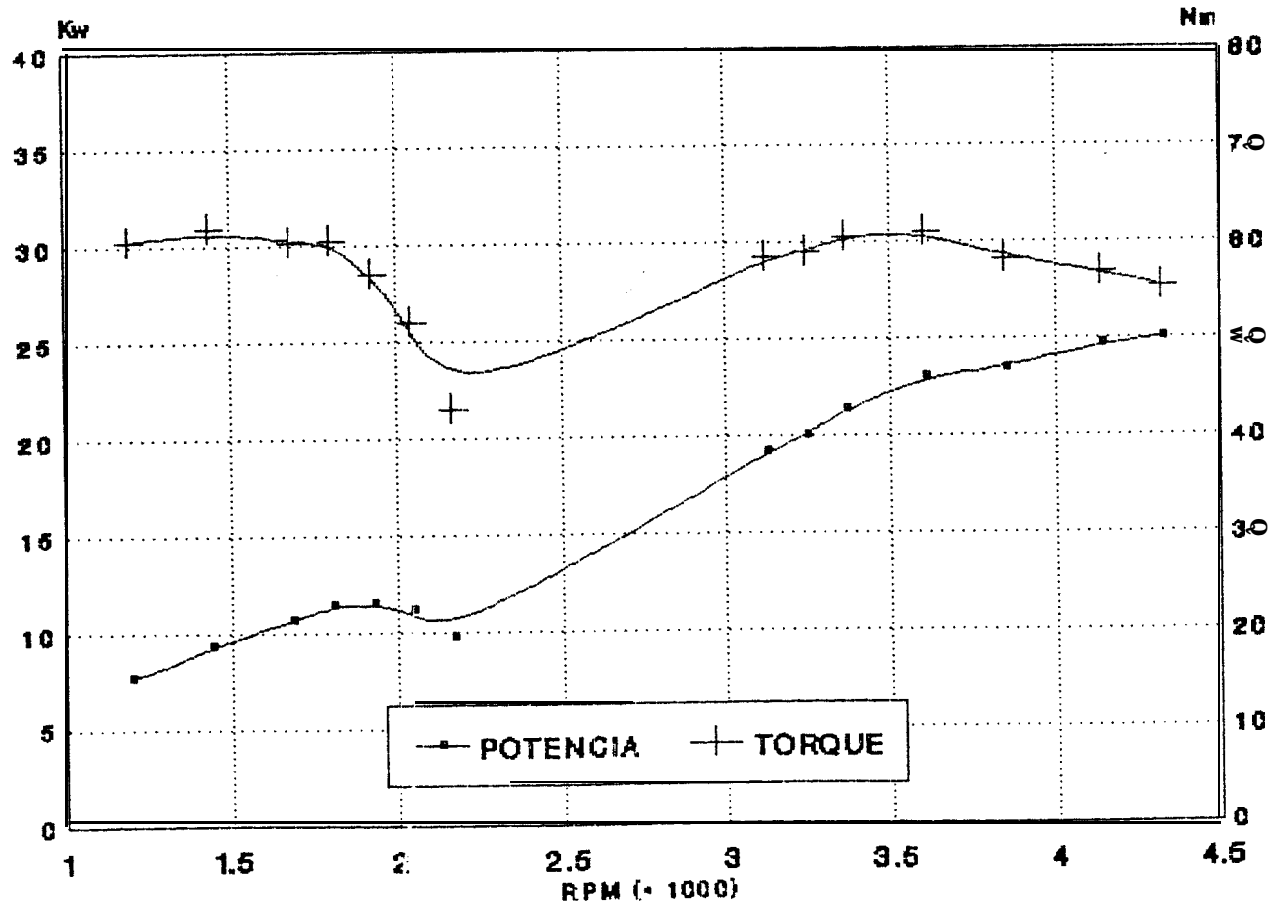


FIG. 4-9

# MEZCLA AL 7% DIESEL

## A/G y C.E.C. vs Velocidad

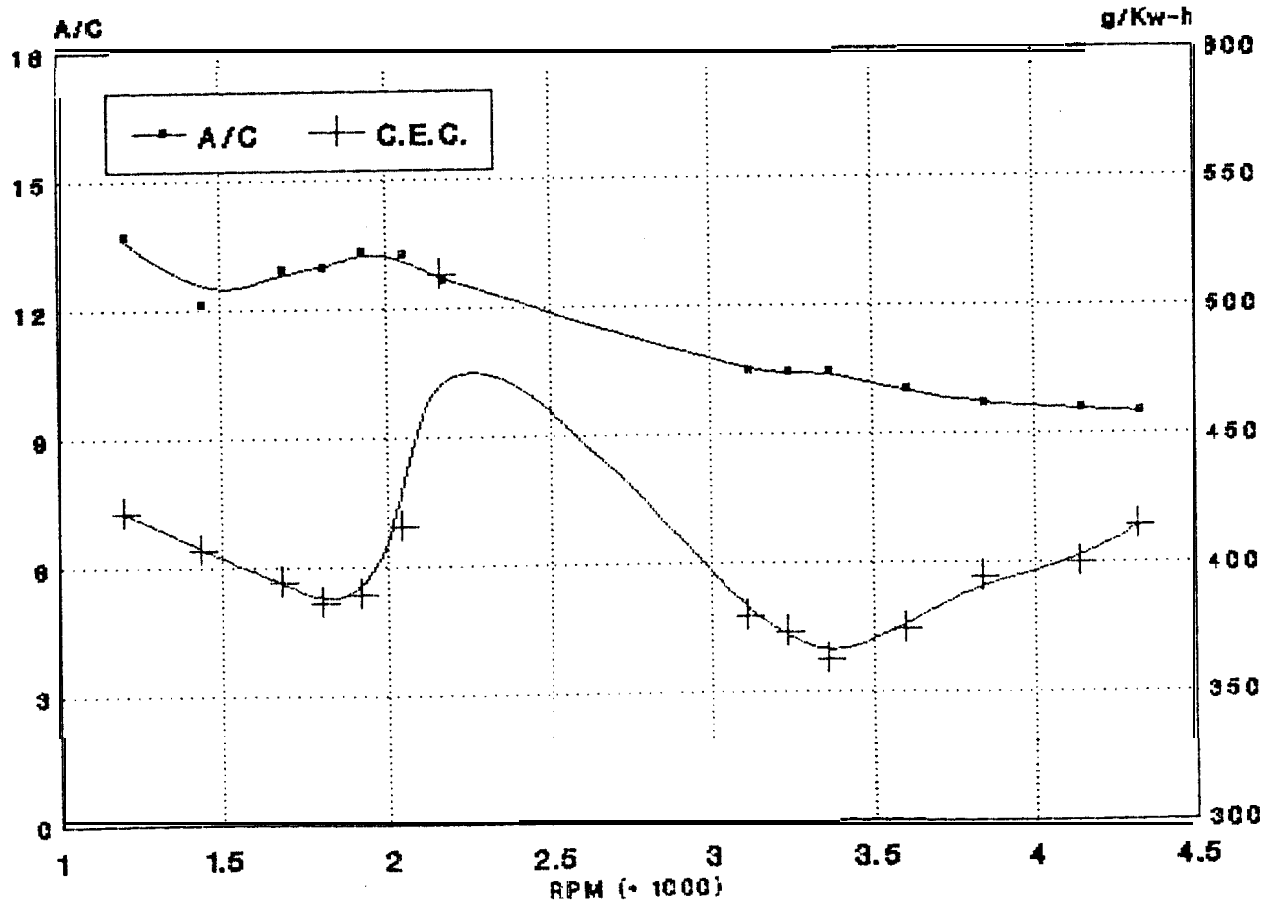


FIG. 4 - 18

DATOS PROMEDIO AL 8 % DE DIESEL

Ta = 24.2 C

Pa = 757.7 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot (KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/Kw-h)</u>
72	4320	13.31	31.0	54.8	24.791	0.0028	0.0270	9.534	411.691
68	4080	13.95	28.0	57.0	24.354	0.0027	0.0257	9.497	399.857
64	3840	14.99	25.5	58.1	23.363	0.0025	0.0245	9.739	387.887
60	3600	15.66	23.6	63.0	23.750	0.0024	0.0236	9.787	365.241
56	3360	17.55	21.0	60.6	21.323	0.0022	0.0222	10.347	363.015
52	3120	19.16	18.4	60.0	19.604	0.0020	0.0208	10.574	361.670
34	2040	30.27	11.9	52.0	11.109	0.0012	0.0167	13.434	403.988
32	1920	30.93	11.0	57.5	11.561	0.0012	0.0161	13.198	379.896
30	1800	31.74	10.2	59.1	11.140	0.0012	0.0155	13.042	384.191
28	1680	33.40	9.0	60.1	10.573	0.0011	0.0146	12.891	384.666
26	1560	34.79	7.6	60.5	9.883	0.0011	0.0134	12.339	395.075
24	1440	36.20	6.6	62.8	9.470	0.0010	0.0125	11.965	396.263
20	1200	43.07	6.1	61.5	7.728	0.0009	0.0120	13.685	408.115

TABLA IV - IX

# MEZCLA AL 8 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

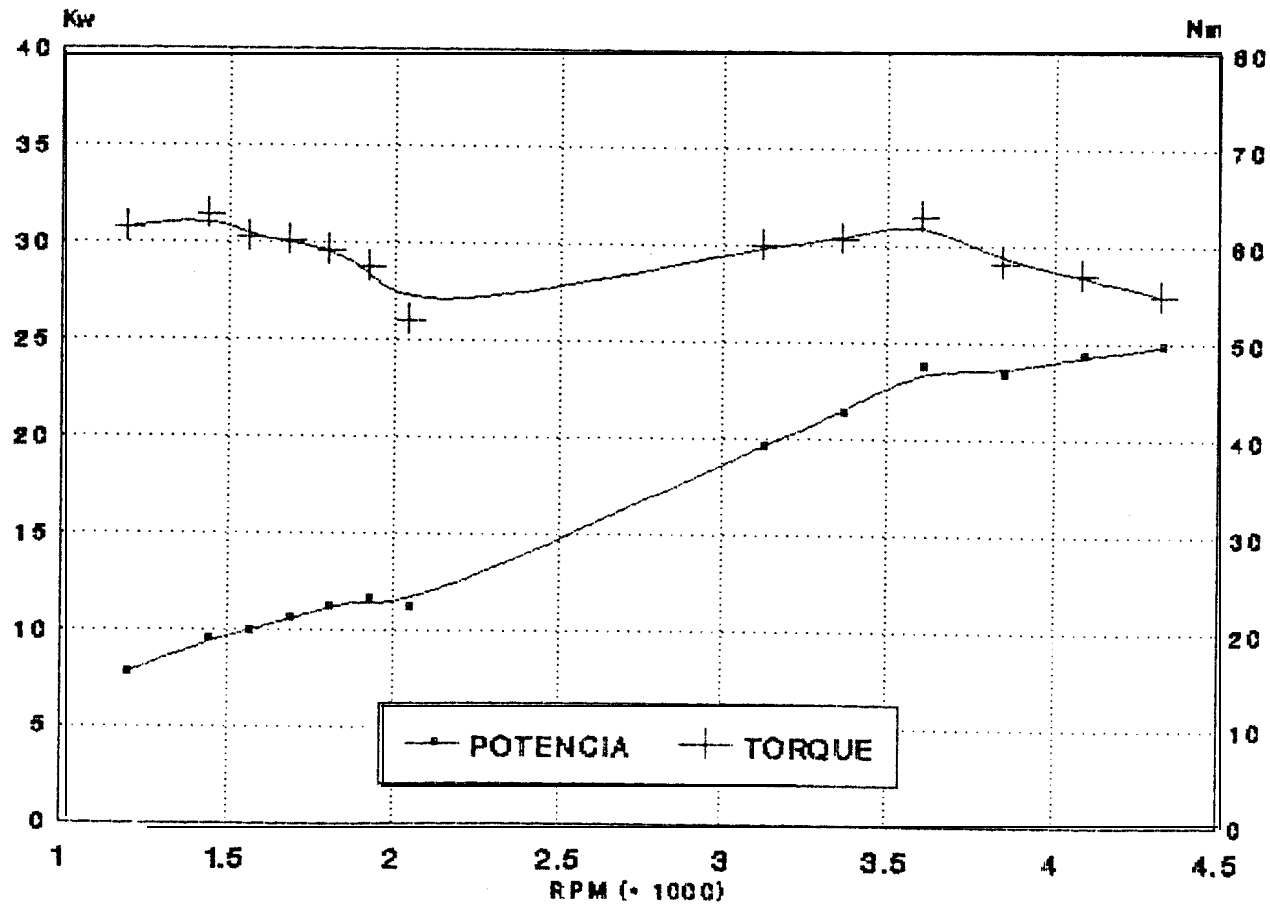


FIG. 4-10

# MEZCLA AL 8% DIESEL

## A/C y C.E.C. vs Velocidad

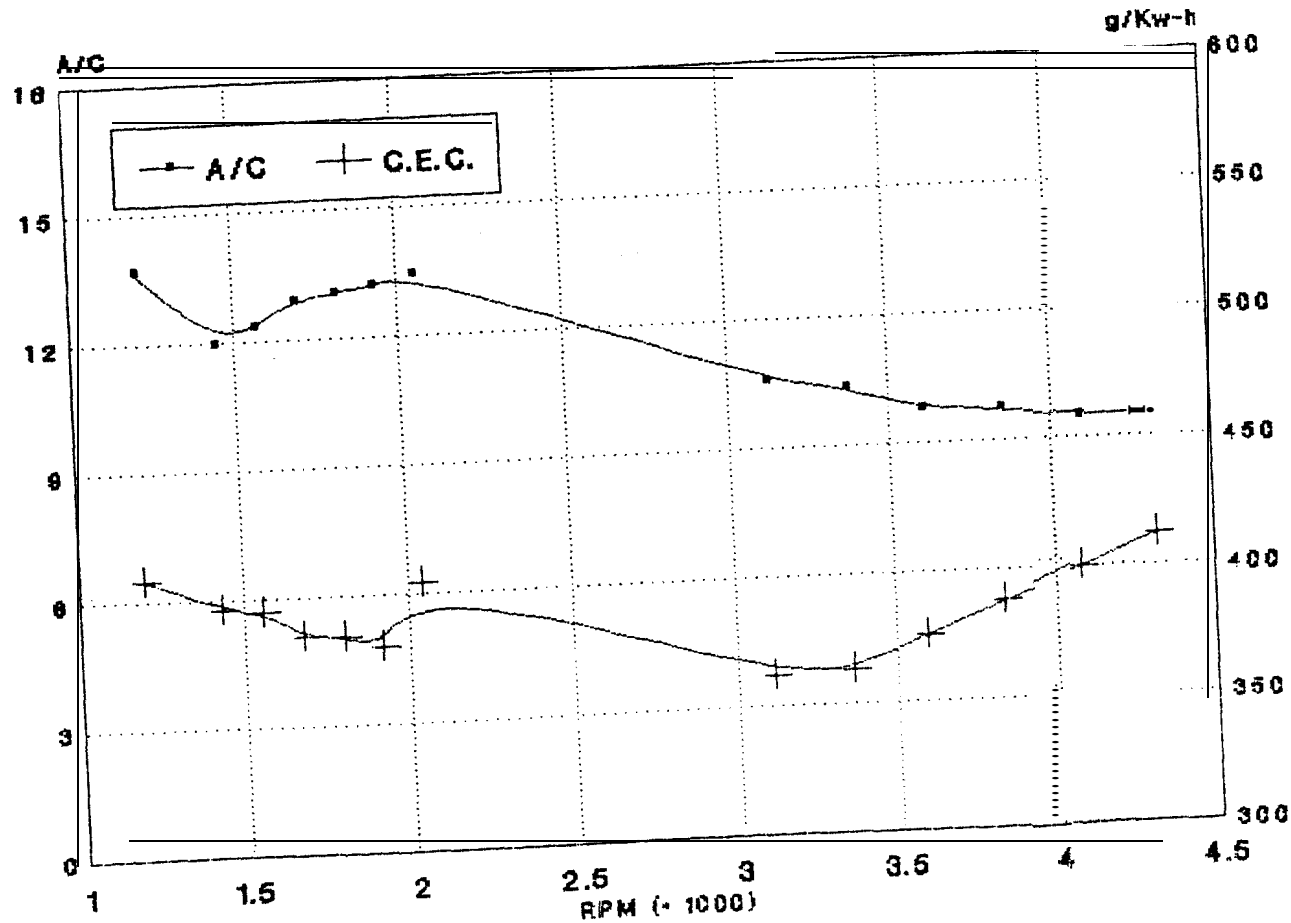


FIG. 4-19

DATOS PROMEDIO AL 9 % DE DIESEL

Ta = 24 C

Pa = 759.4 mm Hg

<u>RPS</u>	<u>RPM</u>	<u>Tiempo(s)</u>	<u>mm H2O</u>	<u>Torque(Nm)</u>	<u>Pot (KW)</u>	<u>Mc(Kg/s)</u>	<u>Ma(Kg/s)</u>	<u>A/C</u>	<u>C.E.C(g/K)</u>
72	4320	13.19	30.8	55.0	24.881	0.0029	0.0269	9.409	414.309
68	4080	13.77	28.0	57.0	24.354	0.0027	0.0257	9.366	405.459
64	3840	14.81	25.5	60.5	24.328	0.0026	0.0245	9.613	377.376
60	3600	15.88	23.3	60.2	22.695	0.0024	0.0234	9.853	377.282
56	3360	17.59	20.7	60.0	21.111	0.0021	0.0221	10.287	366.151
54	3240	18.57	19.3	59.8	20.290	0.0020	0.0213	10.486	360.876
50	3000	20.38	17.0	57.0	17.907	0.0019	0.0200	10.801	372.577
32	1920	30.78	10.6	58.0	11.662	0.0012	0.0158	12.881	378.807
30	1800	31.20	10.1	61.3	11.555	0.0012	0.0154	12.745	377.162
28	1680	33.13	8.9	60.4	10.626	0.0011	0.0145	12.704	386.232
26	1560	35.20	7.4	60.8	9.932	0.0011	0.0132	12.308	388.907
24	1440	37.51	6.3	60.1	9.063	0.0010	0.0122	12.101	399.974
20	1200	44.91	5.9	58.7	7.376	0.0008	0.0118	14.021	410.444

T A B L A I V - X



# MEZCLA AL 9 % DIESEL

## Potencia y Torque vs Velocidad

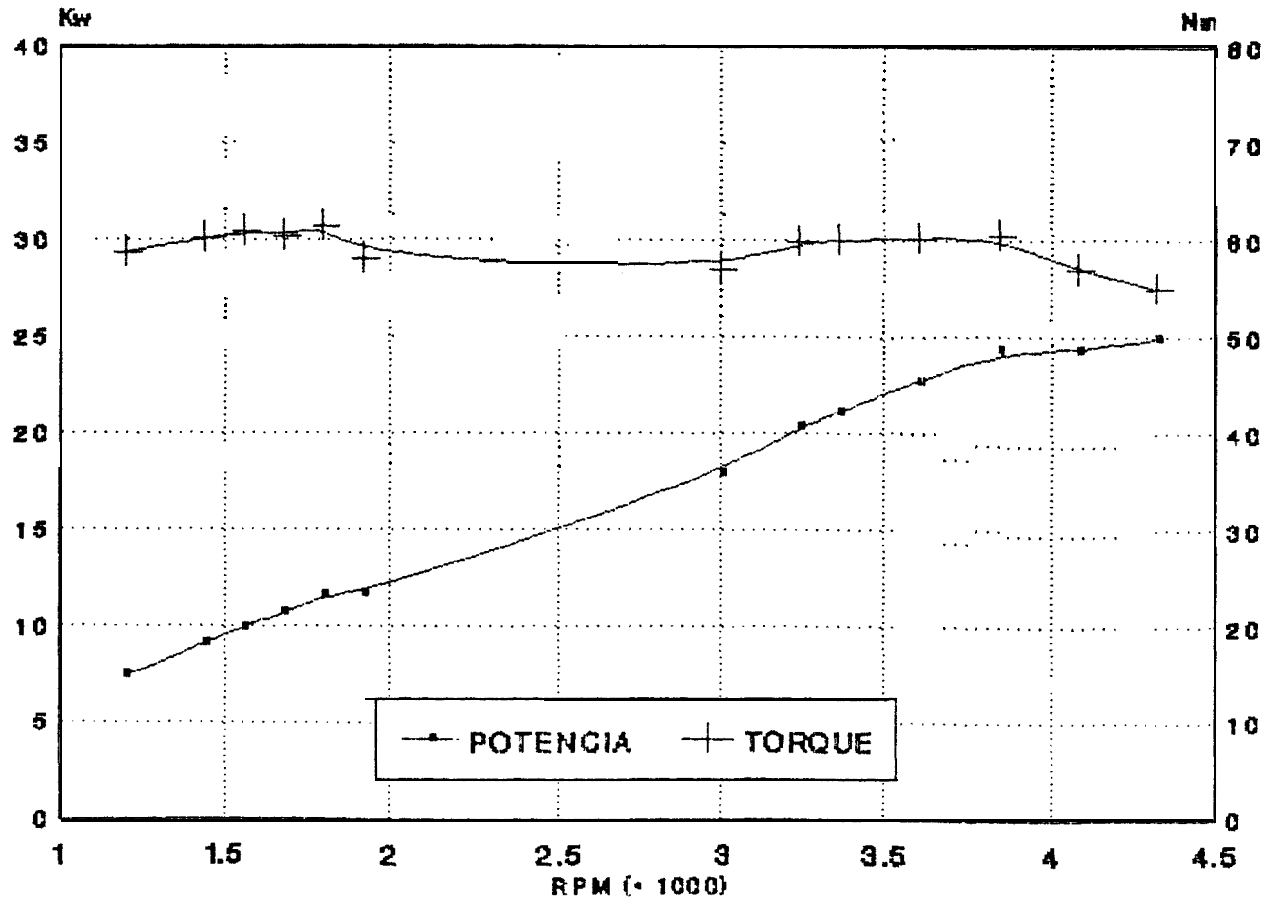


FIG. 4-11

# MEZCLA AL 9% DIESEL

## A/C y G.E.G. vs Velocidad

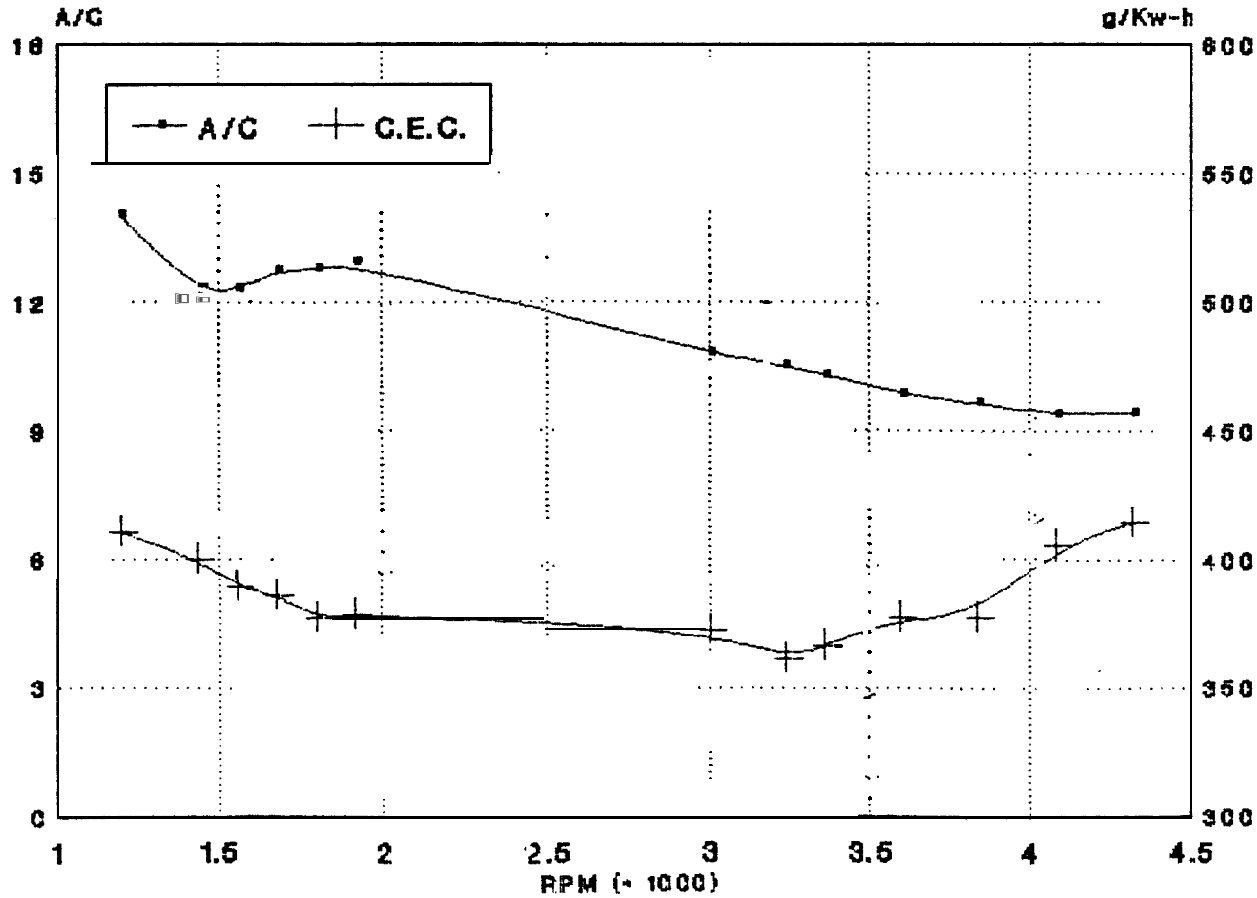


FIG. 4-20

## CAPITULO V

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### **5.1. ANALISIS DE LOS CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA PARA BAJOS PORCENTAJES DE DIESEL.**

Debido a la combinación del diesel con la gasolina obtuvimos mezclas de diferentes densidades a la de los combustibles utilizados (apéndice C), las mismas que dependieron del porcentaje y densidad de cada uno de ellos.

Al observar las muestras luego de un tiempo en reposo, se pudo verificar a simple vista que las mezclas se mantenían homogéneas, sin presentar capas diferenciadas entre ambos combustibles; con esto garantizamos que la introducción de la mezclas a los cilindros del motor fue lo mas homogénea posible.

En cuanto a la coloración de los combustibles para bajos porcentajes de Diesel (1% al 9%), podemos decir que debido a la gran similitud en el color amarillo de ambas (Gasolina-super y Diesel), no se pueden observar grandes diferencias, lo que hace que la adulteración de la Gasolina-super no sea detectable a simple vista.

En lo referente a la textura de las mezclas para bajos porcentajes (1% al 5%), éstas no eran aceitosas, ocurriendo lo contrario a medida que se incrementaba el porcentaje de Diesel en las mezclas (6% al 9%).

## 5.2. INTERPRETACION DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR, OBTENIDAS PARA LAS DIFERENTES MEZCLAS,

Para tener una mejor idea de la potencia lograda con el carburador abierto al 50%, vamos a comparar las curvas obtenidas con las curvas al 100% de abertura del carburador mostrada en la fig. G-1, de la tesis "FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS ENCENDIDO POR CHISPA CON MEZCLA ALCOHOL-GASOLINA" (apéndice), en la cual verificamos que en el rango de 3000 a 4320 R.P.M., las curvas presentan la misma forma y además una disminución aproximada en la potencia de 5.33 Kw. para cuando opera a la mitad de abertura del carburador (apéndice D y E).

En la curva de Potencia vs R.P.M. al 0% de Diesel (fig. 4-1), se ve claramente que la potencia aumenta, a medida que la velocidad del motor se incrementa debido a que el torque no varía en la proporción que lo hace la velocidad del motor.

En cuanto a la curva de C.E.C. para 0% de Diesel (fig. 4-2), ésta toma una trayectoria esperada, produciéndose los mayores consumos a altas y bajas revoluciones del motor.

Las curvas de relación A/C muestra una mezcla rica en combustible a lo largo de todas las pruebas.

Al comparar las curvas de las mezclas entre sí, observamos que existe una pequeña disminución para el Torque y la Potencia a medida que se incrementa el porcentaje de Diesel en la mezcla. Tomando el mismo rango de velocidades antes anunciado (3000 a 4320 R.P.M.) y analizando las curvas al 0% y 9% de Diesel (fig. 4-1 y 4.11 respectivamente), observamos una disminución de aproximadamente 1.6 Kw. en la potencia del motor, a lo largo de este rango de velocidades.

En lo que respecta a las curvas de C.E.C. para las mezclas, se observa un mayor consumo de combustible a medida que se incrementa el porcentaje de Diesel. Como ejemplo, en el rango de velocidades de 3000 a 4320 R.P.M., utilizando las curvas de C.E.C. al 0% y 9% de Diesel (fig. 4-2 y 4-20 respectivamente), se observa un incremento en el consumo de combustible de 30 gr/Kw-h aproximadamente para la curva al 9%.

### **5.3, ANALISIS COMPARATIVO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ENCENDIDO POR CHISPA CON MEZCLA DE GASOLINA-SUPER Y DIESEL EN BAJOS PORCENTAJES CON RELACION A UNO FUNCIONANDO CON GASOLINA.**

De las pruebas efectuadas con Gasolina-Super y mezclas Gasolina-Super y Diesel, se pudo comprobar desventajas para las mezclas, debido a que estas mostraron un aumento en el consumo de combustible y una pequeña disminución en los valores de Potencia y Torque.

A partir del 6 % de diesel en la mezcla, al realizar las pruebas se observó un aumento en la inestabilidad del motor, haciendo más difícil la toma de datos. Producto de esta inestabilidad, se obtuvo mayor vibración por parte del motor y por consiguiente de sus accesorios.

Hubo también una mayor presencia de humo negro en los gases de escape, incrementándose su intensidad a medida que aumentaba el porcentaje de Diesel en la mezcla, esto es atribuido a una combustión incompleta. La porción quemada parcialmente sale como carbón negro, perdiendo el motor esa energía que contiene el combustible parcialmente quemado; mientras mayor sea la porción del combustible parcialmente quemado, más oscuro será el humo de

escape.

Luego de realizadas las pruebas se procedió a desmontar la culata, para comprobar el estado en que se encontraba, dándonos cuenta de la gran cantidad de carbón depositado en éste, debido como ya mencionamos, a una combustión parcial.

En los apéndices se incluyen dos exámenes realizados al aceite del motor, uno de los cuales se efectúa por medio de un espectrofotómetro de rayos infrarrojos que detecta las concentraciones de azufre y la dilución de combustible en el cárter (apéndice F), en p.p.m. El otro examen realizado por absorción atómica analiza los metales contenidos en el aceite ( Cu , Fe , Cr , Pb , Al , Si ),(apéndice G). Los exámenes antes mencionados nos indican un alto grado de contaminación en azufre y combustible en el aceite del motor, luego de haber trabajado con las mezclas.

El contenido excesivo de azufre y la dilución de combustible en el aceite, nos confirman que el motor presenta un desgaste en los cilindros y/o anillos de los pistones.

Un contenido alto de azufre en el combustible constituye un problema, debido a las reacciones de



la combustión. Al utilizar un combustible con un contenido de azufre superior al 0.4 %, se puede dañar severamente el motor, para simplificar lo que sucedería, el azufre en el combustible forma óxidos(  $SO_2$  y  $SO$  ), en el proceso de combustión. El agua existente en el aire de admisión se combina con estos óxidos para formar ácidos sulfúricos. Algunos de estos ácidos recién formados son raspados por los anillos de los pistones y llevados al sistema de lubricación del motor; el resto del ácido corroe las válvulas, los asientos de válvulas. camisas de cilindros y pistones. El resultado del ácido, es menos vida útil para los componentes de los cilindros, de la culata y la contaminación del aceite de lubricación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Debemos de recordar que esta tesis, es la primera parte del proyecto para hacer funcionar un motor de combustión interna encendido por chispa con mezclas de Gasolina y Diesel, debido a lo cual ésta no tendría validez sin su segunda parte .

1. Se determinó experimentalmente que el porcentaje máximo tolerado por el motor era del 2.0 % en volumen de Diesel para funcionar con relativa normalidad antes de entrar a un período de inestabilidad completa. Siendo el análisis de esta tesis solo hasta el 9 % de Diesel en la mezcla.

2. A lo largo de todo el rango de velocidad del motor ( 1200 a 4300 R.P.M.), se detectó un mayor consumo específico de combustible para cuando se encuentra operando con un 9 % de Diesel en relación, a cuando opera con 0 % ; esta diferencia es de aproximadamente 30 gr/Kw-h.

3. En cuanto a las pérdidas de potencia, para las características de operación antes descritas se estableció una pérdida de 1.6 Kw, que equivale a un 4.73 % aproximadamente.

4. No se presentaron problemas de detonación, a lo

largo de todas las pruebas teniendo presente que hubiera sido interesante un análisis en el cambio de octanaje de las diferentes mezclas, comparado a través del octanómetro de la Facultad de Ingeniería en Mecánica.

**5.** Se observó una exagerada acumulación de carbón en la culata y sus componentes, además de una emanación negra de gases de escape debido a una combustión incompleta.

**6.** La combustión incompleta de diesel debido a una falta de aire, ocasiona la presencia de carbón antes mencionada. Esta cantidad de carbón podría ser reducida, aumentando la cantidad de aire que ingresa a los cilindros, para de esta manera proteger al motor en su vida útil y aprovechar la energía que se pierde en el combustible parcialmente quemado, quedando esta inquietud para una futura investigación.

7. Debido a que en nuestro país tanto por causas políticas como económicas, no existe una diferencia en precios entre la gasolina (1460 sucres) y el diesel (1400 sucres), no ocurriendo así a nivel internacional puesto que el diesel es prácticamente un subproducto en la refinación de los combustibles, no se puede aprovechar económicamente la ventaja de

poder mezclar el diesel con la gasolina, claro está con una disminución en la potencia del motor, pero retribuida con un ahorro de dinero, teniendo a la vez, como ya lo mencionamos que aumentar la cantidad de aire introducida en los cilindros.

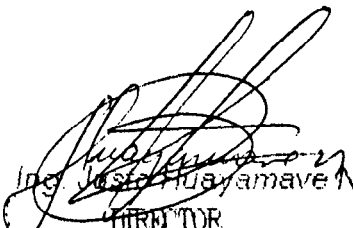

8. Por los resultados obtenidos (disminución de Potencia, aumento del consumo, mayor contaminación, etc.) no es recomendable el uso de la mezcla experimentada, aun en los casos en que permitiera un ahorro en el costo del combustible, se debería regular adecuadamente el motor en especial el sistema de admisión de aire con el objeto de obtener combustiones más completas.

9. El uso de combustibles similares al diesel más baratos (kérex), traería problemas adicionales por el mayor contenido de azufre de estos.

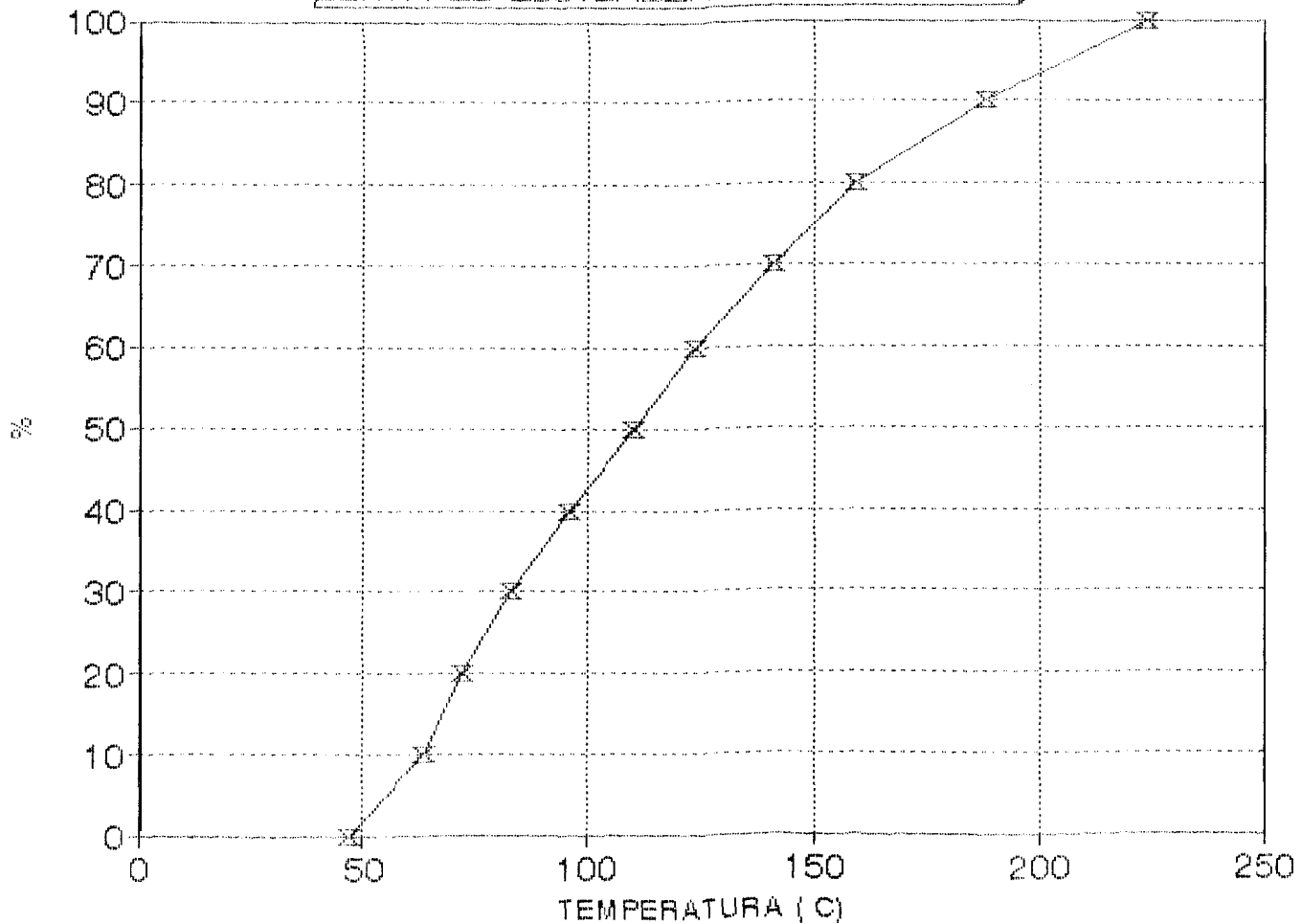
## **APENDICES**

INSTITUTO DE CIENCIAS QUIMICAS

## SOLICITUD DE SERVICIOS

FECHA DE RECEPCION:	Julio 15, 1993	No. 203
SOLICITANTE:	SR. LUIS RAMIREZ TORRES (TESIS DE GRADO)	
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:	1 muestra de gasolina extra 1 muestra de gasolina super	
OBSERVACIONES:		
TIPO DE ANALISIS:	CUANT. x	CUALIT. OTROS
<b>RESULTADOS</b>		
PARAMETROS	GASOLINA EXTRA	GASOLINA SUPER
DENSIDAD °API/60°F	59.2	57.4
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.7420	0.7491
PRESTION DE VAPOR REID	6.0	6.8
TEMPERATURA DE DESTILACION %	°C	
Punto Inicial	51	47
10	71	63
20	81	72
30	91	83
40	102	98
50	112	110
60	124	124
70	135	141
80	148	159
90	169	188
Punto final	211	224
COMENTARIOS:	Los resultados obtenidos determinan que la muestra analizada CUMPLE con los requisitos técnicos de la GASOLINA	
	 Ing. Justo Huayamave N. DIRECTOR	
	 INSTITUTO DE CIENCIAS QUIMICAS	
FECHA ENTREGA DE RESULTADOS:	Julio 16, 1993	

# CURVA DE DESTILACION GASOLINA SUPER



DENSIDADES PARA LAS DISTINTAS MEZCLAS.

$$\rho_{GASOLINA}=0.7491gr/c.c.$$

$$\rho_{DIESEL}=0.8190gr/c.c.$$

1 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_1}=0.7498gr/c.c.$$

2 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_2}=0.7505gr/c.c.$$

3 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_3}=0.7512gr/c.c.$$

4 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_4}=0.7519gr/c.c.$$

5 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_5}=0.7526gr/c.c.$$

6 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_6}=0.7533gr/c.c.$$

7 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_7}=0.7540gr/c.c.$$

8 % DIESEL:

$$\rho_{MEZCLA_8}=0.7547gr/c.c.$$

9 % diesel:

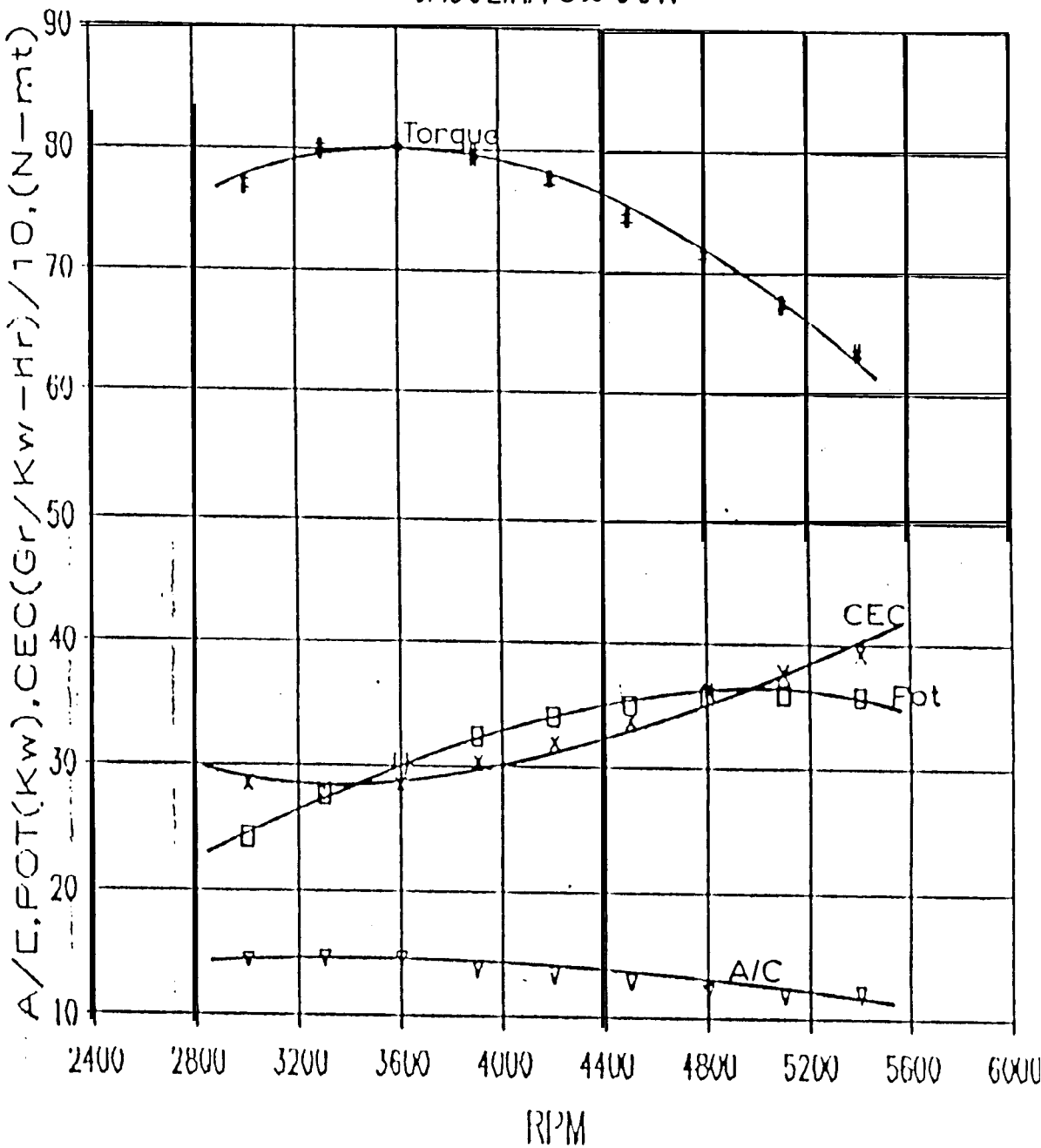
$$\rho_{MEZCLA_9}=0.7554gr/c.c.$$



## APENDICE D

## RPM VARIABLE

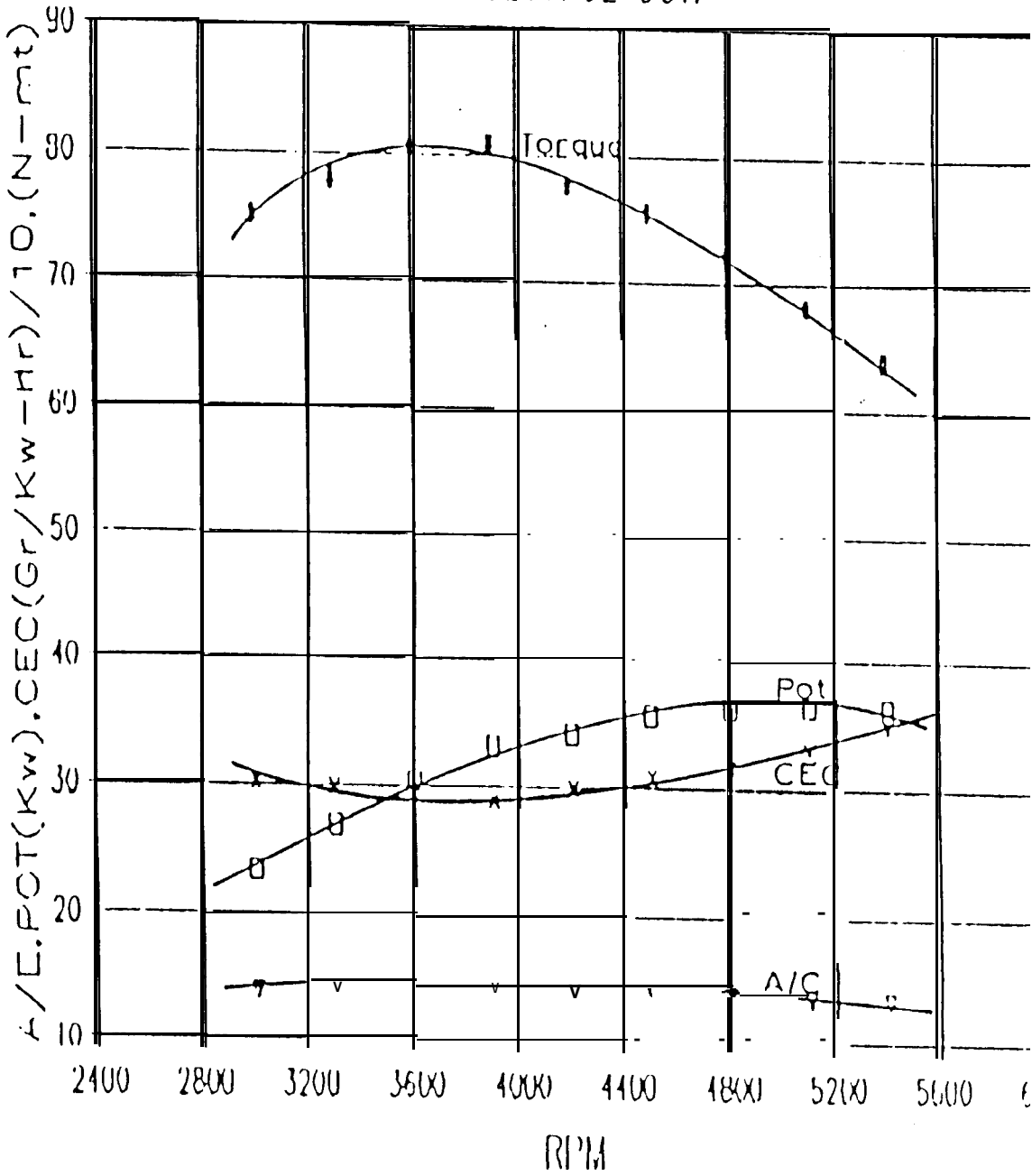
GASOLINA 92 OCT.



APENDICE E

RPM VARIABLE

GASOLINA 92 OCT.



## APENDICE F

## ANALYSIS RESULTS FOR SAMPLE

SAMPLE ID:

04 Nov 93 17:00:21 SEQ# 495

\*\*\*\*\*

New oil reference:

HAVOLINE 20W50

\*\*\*\*\*

Gasoline oil analysis

Oxidation Level	A/.1mm <	0.01
Nitration Level	A/.1mm <	0.01
Sulfate Level	A/.1mm =	0.02
Volatiles level	% <	1.00
Glycol Level	% <	0.05
Water Level	% <	0.10

## ANALYSIS RESULTS FOR SAMPLE

SAMPLE ID:

04 Nov 93 17:00:22 SEQ# 496

\*\*\*\*\*

New oil reference:

HAVOLINE 20W50

\*\*\*\*\*

Gasoline oil analysis

Oxidation Level	A/.1mm =	0.05
Nitration Level	A/.1mm =	0.06
Sulfate Level	A/.1mm =	0.15
Volatiles level	% =	7.64
Glycol Level	% <	0.05
Water Level	% =	0.11

## APENDICE G

ANALISIS DE DESGASTE DE METALES (A.P.A.)

Para: Aceite Havoline SAE 20W50

<u>METAL</u>	<u>p.p.m.</u>	<u>p.p.m. (max)</u>
Cu	86	75
Fe	135	600
Cr	5	50
Pb	102	100
Al	5	75
Si	20	60

## BIBLIOGRAFIA

- 1.-F. Cevallos, Motores de Combustión Interna (Guayaquil, Ecuador: Espol, 1979), pp. 10-55
- 2.-Ford Service Manual(England, 1974) pp. 9
- 3.-D. Giacosa , Motores Endotérmicos ( primera edición; Barcelona: Científico-Médica, 1970), pp. 66-79
- 4.-E. F. Obert , Internal Combustión Engines and Air Polution(New York, Usa: Intext Educational Publishers, 1973), pp. 119-339
- 5.-M. A. Plint , Instructional tests and experiments on Internal Combustion Engines (England), pp. 12-32
- 6.-Ready Reference for Lubricant and Fuel Perfomance ( Ohio-Usa 1993 The Lubrizol Corporation ) pp. 75-81
- 7 -F. Reyes, Funcionamiento de un motor de cuatro tiempos encendido por chispa, con gas licuado de petróleo (Guayaquil, Ecuador: Espol, 1982), pp. 100-103
- 8 -Baumeister , Marks Manual del Ingeniero Mecánico (octava edición; México: Mc Graw Hill, 1978) pp. 4.50-4.58

