

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

GUIA DE LABORATORIO PARA EL USO DEL DINAMOMETRO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERIA EN LOS MOTORES DE GASOLINA DE 4 TIEMPOS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

ERICK TOMAS PORTILLO LEMUS

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO

**GUATEMALA, MARZO DE 1,997**

08  
T(3942)

C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

GUIA DE LABORATORIO PARA EL USO DEL DINAMOMETRO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERIA EN LOS MOTORES DE 4 TIEMPOS

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica.



ERICK TOMAS PORTILLO LEMUS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2o.	Ing. Jack Douglas Ibarra
VOCAL 3o.	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o.	Br. Víctor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5o.	Br. Wagner López Cáceres
SECRETARIO	Ing. y Licda. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Jorge Mario Morales
EXAMINADOR	Ing. Héctor Alfredo Alarcón Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Mario René Rosada Granados
EXAMINADOR	Ing. Oscar E. Maldonado
SECRETARIO	Ing. Edgar José Brabatti Castro

SECRETARÍA GENERAL

Guatemala agosto de 1996

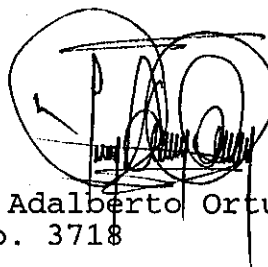
Ing. Jorge Siguere  
Director de Escuela  
Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Unversidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ing. Siguere

Por medio de la presente hago constar que he revisado como asesor la Tesis del señor Erick Tomás Portillo Lemus con carnet 8314153 denominada GUIA DE LABORATORIO PARA EL USO DEL DINAMOMETRO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA EN LOS MOTORES DE GASOLINA DE 4 TIEMPOS, habiéndola encontrado satisfactoria y adecuada para su aprobación.

Por lo tanto considero someter este trabajo de Tesis a su estimable consideración, a la vez aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, enclosed within a circular scribble. The signature appears to be 'L. Ortuño'.

Ing. Leonel Adalberto Ortuño Valdivieso  
Colegiado No. 3718



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor, y habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado **Guía del Laboratorio para el Uso del Dinamómetro de la Facultad de Ingeniería en los Motores de Gasolina de 4 tiempos**, del estudiante **Erick Tomás Portillo Lemus**, recomienda su autorización.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

  
Ing. Carlos Amílcar Cienfuegos Coloma

Coordinador de Área

Guatemala, enero de 1,997.

/behdei.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Area de Laboratorio, al trabajo de tesis titulado Guía de Laboratorio para el Uso del Dinamómetro de la Facultad de Ingeniería en los Motores de Gasolina de 4 Tiempos, del estudiante Erick Tomás Portillo Lemus, procede a la autorización del mismo.

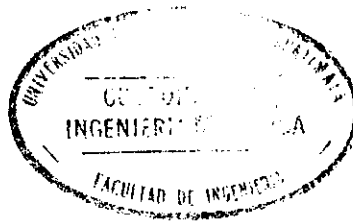
YO, EL DIRECTOR, AUTORIZO Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

DIRECTOR DE ESCUELA

Guatemala, marzo de 1, 997.

/behdei





**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, al trabajo de tesis titulado Guía de Laboratorio para el Uso del Dinamómetro de la Facultad de Ingeniería en los Motores de Gasolina de 4 Tiempos, presentado por el estudiante universitario Erick Tomás Portillo Lemus, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE

ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS

Guatemala, marzo de 1, 997.

/behdei.



## AGRADECIMIENTO

A las personas que vagan en mi pensamiento y que luchan por las nobles causas, ideales de su ser y creación y que de una y de otra forma ellos se enorgullecen porque es parte de su idiosincrasia de lucha firme y combativa, por el desarrollo cultural e intelectual del hombre como ser.

José Tomás Portillo Rodríguez y  
Ebelia Lemus Chavarría de Portillo

Gracias.



## INDICE

Cartas  
Agradecimientos  
Glosario  
Introducción

### CAPITULO I

Medidas de seguridad en el uso del dinamómetro . . . . . 1

### CAPITULO II

Trabajo, potencia, energía y eficiencia . . . . . 3

### CAPITULO III

Normas de medición de los distintos parámetros del motor y su equivalente . . . . . 5

### CAPITULO IV

Descripción del equipo . . . . . 18

### CAPITULO V

Metodología . . . . . 32

Conclusiones . . . . . 50

Recomendaciones . . . . . 51

Referencias . . . . . 52

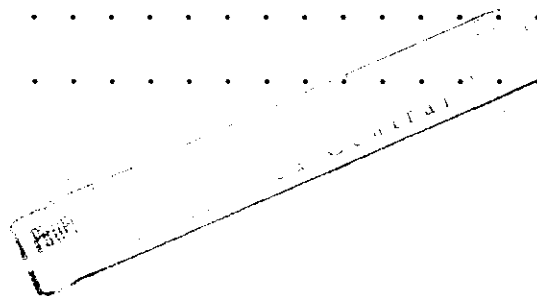
Bibliografía . . . . . 53

Anexo 1. Equivalentes útiles . . . . . 54

Anexo 2. Figuras . . . . . 55

Anexo 3. Tablas . . . . . 61

Anexo 4. Gráficas . . . . . 70



## GLOSARIO

- Aditivo:** sustancia que se incorpora al aceite para conferirle determinadas propiedades.
- Asentar motores:** es el proceso de funcionamiento del mecanismo de los motores para que éstos trabajen en condiciones óptimas de fricción y temperatura, regulados por revoluciones y carga.
- BHP:** caballo de fuerza al freno; es la potencia efectiva al desarrollar un motor. Resulta de restar las pérdidas por fricción de la potencia teórica del motor.
- Calibrar:** operación que consiste en comparar con un patrón la graduación o escala de cualquier instrumento de medida.
- Chaveta:** pieza con la que se hace que un engranaje no pueda girar libremente sobre su eje.
- Colector de escape:** es el que recoge los gases quemados de todos los cilindros del motor para llevarlos al silenciador.
- Combustión interna:** es la que tiene lugar en una cavidad cerrada.
- Dashpot:** unidad de golpe, aparato para absorber cambios bruscos.
- Diagnóstico:** cuando se refiere a los motores, se refiere a la localización de fallos y anomalías mediante instrumentos de medida apropiados.
- Dinamómetro:** aparato para medir la potencia efectiva de un motor.
- Diversificación:** consiste en efectuar o hacer diversificación de cosas o elementos.
- Extintor:** aparato usado para extinguir incendios que por lo común arroja sobre el fuego un chorro de agua o de una mezcla que dificulta la combustión.
- fhp:** caballos de fuerza de fricción; es la medida de la potencia en caballos de fuerza que se pierde por el rozamiento interno de las piezas del motor.
- Gasolina:** mezcla de hidrocarburos líquida, incolora, muy volátil, fácilmente inflamable, producto del primer período de destilación del petróleo.
- HP:** caballo de fuerza es la energía que se necesita para levantar 550 libras a un pie de altura en un segundo.
- ihp:** caballos de fuerza indicados son los caballos de fuerza calculados por la energía de la combustión, sin deducir

las pérdidas por fricción y otras pérdidas.

Mínima: se refiere a la marcha lenta del motor sin carga.

Motor: máquina que transforma la energía química de los gases en energía mecánica.

Motor de un ciclo de cuatro tiempos: se conoce también por motor otto, en él se produce un tiempo de trabajo o explosión por cada dos revoluciones completas del cigüeñal; cada tiempo requiere media revolución del cigüeñal; estas carreras son: 1) admisión, 2) compresión, 3) explosión, 4) escape.

Motorizado en caliente: consiste en que el motor alcance su temperatura de trabajo normal.

Norma: modelo al que se ajusta una fabricación.

Normalización: reglamento de las dimensiones y calidades de los productos industriales con el fin de simplificar y reducir gastos de fabricación y utilización de los mismos.

Par motor: fuerza de giro o torsión.

PMI: punto muerto inferior.

PMS: punto muerto superior.

Potencia nominal: es la que indica el fabricante para un determinado motor.

Puesta a punto: revisiones y ajustes que se realizan en un motor para obtener el máximo rendimiento posible.

Presión atmosférica: es el peso de la columna de aire atmosférico a nivel del mar, y disminuye con la altura.

Rendimiento mecánico motor: es la relación entre la potencia indicada y la potencia al freno de un motor.

Rotor: pieza del distribuidor que reparte la chispa dentro de la taza o eje que gira.

RPM: revoluciones por minuto.

SAE: Society of Automotive Engineers es la asociación norteamericana encargada de establecer toda clase de normas aplicables a los motores de automóviles.

Tolerancia: es el margen de variación admisible en una determinada medida, y se refiere siempre a piezas ajustadas con precisión.

## INTRODUCCION

Dado la importancia que tiene en nuestros tiempos el uso del dinamómetro en la pruebas de eficiencia de los motores como en el diagnóstico de fallas, en la determinación de la optimización de sus distintos elementos y sistemas dentro del campo de trabajo como un mecanismo de autoconducción, el dinamómetro sirve para asentar motores con velocidades y cargas controladas para que los motores entren a trabajar directamente, y evitar así pérdidas de tiempo como un deterioro prematuro de los elementos, por tratar de asentarlo o kilometrarlo durante su fase de trabajo o desplazamiento.

En este trabajo se presenta un panorama completo de sus elementos y mecanismos de funcionamiento del motor y dinamómetro, sistemas de transmisión de fuerza, sistema de abastecimiento de fluido al dinamómetro como su respectivo mantenimiento, con el objeto de que el estudiante u operario comprenda su funcionamiento, su importancia y su operación.

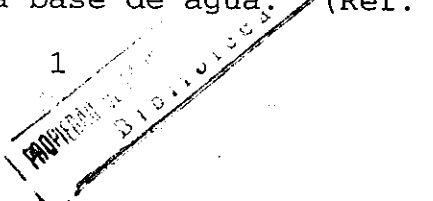
Esta guía de laboratorio para el uso del dinamómetro de la Facultad de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Mecánica, describe paso a paso el procedimientos de operación y control de las pruebas en los motores, regidos con reglas para mantener dentro de un margen de seguridad tanto al estudiante, como al operario o expectador.

## CAPITULO I

### MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL USO DEL DINAMOMETRO

1. **Almacenamiento y manejo del combustible.**
  - a. Almacenar el combustible en un recipiente metálico.
  - b. Debe almacenarse en el cobertizo de herramienta o bodega exclusiva para carburantes.
  - c. Los combustibles tienen que estar fuera del alcance de personas inexpertas en su manejo.
  - d. Los almacenes de carburantes tienen que estar apartados de llamas, objetos de alta temperatura o lugares donde se puedan formar chispas, ya sea formados eléctricamente o por fricción mecánica.
  - e. Debe prohibirse fumar dentro de las instalaciones o producir cualquier tipo de flama.
  - f. Se debe contar con extintor de incendios portátil y de clase C o ABC (ver numeral 2.a capítulo I), y colocarlo a la entrada de la bodega.
  - g. Utilizar señalamientos como: PELIGRO, NO FUMAR, etc.
  - h. Mantener el almacén de combustible ordenado y limpio.
  - i. Al verter el combustible al tanque del motor cerciorarse que este se encuentre frío y no esté en marcha.
  - j. Al verter combustible en el depósito de combustible del motor cerciorarse que no hubo derramamiento de este.
  - k. No utilizar como filtro ningún tipo de material que produzca chispa estática como por ejemplo gamuza (utilizado regularmente como filtro para eliminar basura que traen los carburantes). (Ref. 1 y 2)
  
2. **Medidas de prevención**
  - a. Utilizar extintores clase C:

Los extintores clase C, son apropiados para usarse en incendios de equipos e instalaciones de energía eléctrica en los que la no conductividad dieléctrica del agente extintor es de suma importancia, debido al peligro de electrocución que entrañan los extintores a base de agua. (Ref. 3 y 4)



También pueden utilizarse extintores de clase ABC que son para todo tipo de materiales, sólidos como wippe, plásticos; líquidos como gasolina, aceites, solventes, y eléctricos en general.

a.1 Ubicación del extintor

El extintor debe ubicarse cerca del peligro probable, pero no tan cerca como para que el fuego pueda aislarlo o dañarlo. Debe colocarse a la entrada de la bodega de combustibles; y el otro lo más cerca posible del dinamómetro a 2 a 3 metros de distancia. (Ref. 3)

a.2 Uso del extintor

Se elimina el marchamo o dispositivo de seguridad, luego se dirige la boquilla de descarga hacia la parte inferior del fuego, se oprime el gatillo de disparo del extintor y se mueve de un extremo al otro hasta sofocar el fuego. (Ref. 4)

b. Area de seguridad alrededor del dinamómetro:

b.1 Delimitar el área de ubicación del dinamómetro, marcando sobre el piso una línea divisoria. Además, se debe construir una baranda que impida el paso a personas ajenas al manejo del dinamómetro. (Ref. 2)

b.2 Colocar tolvas protectoras a los ejes en movimiento, poleas, ventiladores y cadenas. (Ref. 2)

b.3 Colocar un flipón de seguridad a la entrada de corriente eléctrica a los motores eléctricos de la bomba y ventiladores.

b.4 Colocar un dispositivo de seguridad para emergencia de paro inmediato del motor.

b.5 Mantener limpia, ordenada y seca el área de trabajo como el área de expectación.

b.6 Colocar afiches que indiquen: no fumar, no producir chispas, y mantenerse en área de expectación. (Ref. 2)

## CAPITULO II

### TRABAJO, POTENCIA, ENERGIA Y EFICIENCIA

#### 1. Trabajo

Es el producto de la fuerza ejercida por el motor en el rotor del dinamómetro, por la distancia desde el centro del rotor hasta el punto de medición.

##### 1.1 Cálculo de trabajo:

$$W = f \cdot d \quad (\text{Ref. 5})$$

donde:  $W$  = trabajo del motor realizado

$f$  = fuerza aplicada (carga del dinamómetro)

$d$  = distancia (del centro del rotor al punto de medición)

#### 2. Potencia

La potencia expresa la cantidad de trabajo realizado por el motor en una unidad de tiempo y se describe como la rapidez con que se efectúa el trabajo.

##### 2.1 Cálculo de potencia:

$$P = W/t \quad (\text{Ref. 5})$$

donde:  $P$  = potencia del motor

$W$  = trabajo realizado por el motor

$t$  = tiempo

#### 3. Energía

Cuando se mide a un motor su trabajo a una potencia, se necesita una fuente de acción (combustible), y ésta es precisamente la energía, que no es más que la capacidad de realizar trabajo.

#### 4. Eficiencia

Es el valor adimensional que indica la relación de potencia que se obtuvo en el motor, según la cantidad de energía que se entregó.

$n = \text{potencia entregada} / \text{potencia de entrada}$

$n = \text{trabajo entregado} / \text{trabajo de entrada}$

donde:  $n = \text{eficiencia}$

##### 4.1 Eficiencia mecánica:

Es la relación consistente entre la potencia al freno (obtenida del dinamómetro) y potencia indicada (obtenida en pruebas experimentales dadas por el fabricante).

$N = \text{HPF} / \text{HPI} \text{ (Ref. 5)}$

donde:  $N = \text{eficiencia mecánica}$

$\text{HPF} = \text{potencia al freno}$

$\text{HPI} = \text{potencia indicada}$



### CAPITULO III

#### NORMAS DE MEDICION DE LOS DISTINTOS PARAMETROS DEL MOTOR Y SU EQUIVALENTE

Una norma o patrón esencialmente es un criterio de medida de calidad, de funcionamiento o de práctica establecido por la costumbre, por el consentimiento o por la autoridad que la usa como base de comparación durante un cierto tiempo.

De acuerdo con esto, se pueden identificar diferentes tipos de normas que rigen todas las actividades y objetos que nos rodean: normas de conducta, normas científicas, normas técnicas, normas artísticas, normas industriales, etc.

La norma industrial es un conjunto de reglas orientadas a la obtención de la máxima calidad en los productos elaborados; las normas industriales están estrechamente relacionadas con los 3 procesos fundamentales de fabricación: simplificación, diversificación y normalización.

Las características que diferencian las normas de un país a las de otro son: unidades usadas, nomenclatura, especificaciones, clasificación, simbología y ajustes.

#### 1. Normas SAE

Norma SAE J-1349 Prueba de la Potencia de Motores Diesel y Gasolina. (Ref. 6)

#### a. Alcance

Este código estándar de ensayo SAE J-1349 fue adoptado por SAE el cual contiene:

- a.1 El procedimiento de prueba de motores en laboratorio con dinamómetro.
- a.2 Método para corregir la potencia medida a las condiciones estándar de admisión de aire.

Las fórmulas de corrección de presión y temperatura contenidas deberán ser usadas solamente dentro del rango de condiciones específicas (ver inciso h 4.1), y éstos no deben aplicarse para altitudes menores ni mayores que las estipuladas.

#### b. Campo de aplicación

Este código estándar es aplicable para motores de combustión interna de 2 y 4 tiempos, diésel y gasolina, de aspiración

natural y turbo cargados con y sin enfriamiento de carga de aire.

c. Referencias:

- c.1 SAE J-816b: código de prueba de motores de gasolina y diesel (último editado en el manual de 1981). (Ref. 6)
- c.2 SAE J-245: código de capacidad de motores de gasolina (último editado en el manual de 1981). (Ref. 6)
- c.3 SAE J-270: código de capacidad de motores diesel (último editado en el manual de 1981). (Ref.6)

d. Terminología:

d.1 Motores

d.1.1 El motor está construido solamente con accesorios esenciales para su operación tales como: bomba de agua, combustible, aceite y equipo para el control de la emisión de gases.

d.1.2 El motor equipado totalmente está equipado con todos los accesorios para desarrollar las funciones normales sin ayuda. Está incluido, pero no se restringe al motor básico, más el sistema de admisión, sistema de escape, sistema de enfriamiento, generador o alternador, motor de arranque, sistema de emisión de gases, silenciador y equipo de control.

d.2 Potencia del motor

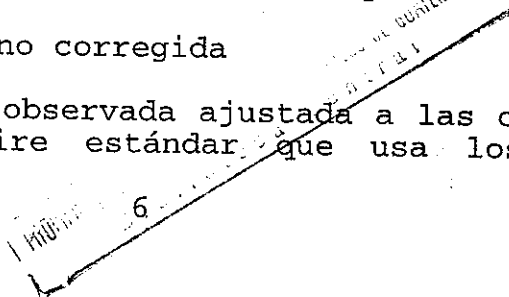
La potencia del motor se define como el producto de la velocidad a la cual el motor mueve el dinamómetro y el valor del torque obtenido al abrir totalmente el acelerador y expresado en unidades de kw.

d.2.1 Potencia al freno observada

Es la potencia desarrollada por el motor bajo las condiciones existentes durante la prueba.

d.2.2 Potencia al freno corregida

Es la potencia observada ajustada a las condiciones de admisión de aire estándar que usa los métodos de



corrección especificados en inciso h.4.

d.2.3 Potencia al freno neta

Es la potencia neta o útil de un motor equipado totalmente como se define en inciso d.1.2.

d.2.4 Potencia al freno bruta

Es la potencia de un motor básico como el definido en los incisos d.1.1 y f.5.2.

d.2.5 Potencia nominal al freno

Es la potencia establecida para una aplicación a una velocidad de régimen seleccionado por el fabricante. Esta puede ser la pérdida neta de todos los accesorios y la asociada con las restricciones de la admisión y escape de esa aplicación.

d.2.6 Potencia de fricción

Es la potencia requerida para impulsar el motor equipado durante la medición de la potencia. La fricción puede ser obtenida aproximadamente por uno de los siguientes métodos con suficiente exactitud para los propósitos de este código.

1. Método de motorizado en caliente.
2. Asumiendo el 85% de eficiencia mecánica (ver inciso h.4.2).

d.2.7 Potencia indicada

Es la potencia desarrollada dentro de los cilindros, y está definida como la suma de la potencia de fricción para los propósitos de esta norma.

e. Exactitud de la prueba

Los parámetros enumerados a continuación son requeridos para la determinación de la potencia de motores.

La exactitud de las mediciones especificadas no incluyen los errores humanos y otros factores involucrados en las lecturas de las mediciones.

e.1 Torque:

+/- 0.5% de la lectura de la carga total observada.

e.2 Velocidad angular:

+/- 0.5% de la lectura observada.

e.3 Temperatura:

+/- 1 grado centígrado.

e.4 Presión del aire de admisión:

e.4.1 Presión total: +/- 0.100 kpa.

e.4.2 Presión del vapor de agua +/- 0.100 kpa.

f. Procedimiento de Prueba

Esta sección contiene los procedimientos de la prueba para la determinación de la potencia de motores.

f.1 Instalación de motor

El motor que se va a probar deberá ser una unidad representativa de la producción del fabricante. Todo equipo auxiliar tal como el ventilador, copla del ventilador, filtro de aire, sistemas de admisión, escape y bomba deberán ser enumerados y descritas en la documentación que soporta los resultados de la medición.

f.2 Combustibles y lubricantes

Los combustibles usados deberán estar de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

f.2.1 Motores encendidos por chispa

a. Investigar registros y número de octano de motor, valor de calentamiento menor en KJ/g y gravedad API del combustible líquido.

b. Registrar el valor de calentamiento menor en KJ/metro cúbico a 16 grados Centígrados, 101 kpa. Además, la composición de los gases de escape.

f.2.2 Motores diésel

Registrar especificaciones de la ASTM u otras normas sobre combustibles, número de cetanos y gravedad API.

f.2.3 Los aceites lubricantes

Deberán usarse los recomendados por el fabricante,

registrar la clasificación de servicio API, grado de viscosidad SAE, marca y nombre del lubricante.

### f.3 Instrumentación:

- f.3.1 La temperatura y presión del aire a la entrada del motor deberán ser medidas para obtener un valor promedio de temperatura y presión. Las mediciones deberán ser tomadas en la corriente de aire en la admisión o dentro de los 150 mm antes del filtro de aire. Los sensores de temperatura deberán ser protegidos o tener protección contra el calor radiante.
- f.3.2 Temperatura del refrigerante; en líquidos refrigerantes para motores, deberán ser medidos en la entrada y salida del motor. La temperatura en motores refrigerados por aire deberá ser tomada en los puntos indicados por el fabricante, tales como los empaques de las bujillas de encendido y las paletas de la culata.
- f.3.3 Las temperaturas del aceite deberán ser medidas en la galería principal.
- f.3.4 La temperatura del combustible deberá ser medida a la salida del dispositivo de medición volumétrica de combustible, si usa, y deberá hacerse en la entrada de la bomba de inyección para motores inyectados.
- f.3.5 La presión del sistema de escape deberá ser medida dentro de los 150 mm flujo abajo del múltiple de escape o a la salida del turbo cargador.

### f.4 Ajustes y asentamiento:

- f.4.1 Si el escape del motor es conectado a un sistema de escape del laboratorio, este sistema no debe crear una contrapresión que exceda los valores especificados por el fabricante o que produzca un vacío de más de 0.750 kpa; si la entrada del aire al motor es conectada a un sistema de aire en el laboratorio, este sistema no deberá producir una desviación en más de 0.500 KPA de la presión atmosférica prevaleciente.
- f.4.2 El generador (alternador) deberá ser desconectado del sistema eléctrico si una fuente eléctrica externa es usada para la ignición y/o arranque, a menos que ciertos accesorios como la bomba de combustible sean accionados eléctricamente; en este caso, el alternador (generador) deberán operar a suficiente carga para accionarlos.
- f.4.3 Los ajustes deberán hacerse antes de la prueba, en

concordancia con las instrucciones del fabricante, y no deberán hacerse cambios o ajustes durante la prueba.

- f.4.4 El motor deberá ser asentado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Si estas recomendaciones no están disponibles, el motor deberá ser asentado (puesto en marcha) en forma correcta cuando la potencia a plena aceleración y el consumo de combustible se mantenga dentro de un rango del 1% durante un período de 4 horas.

f.5 Equipo del motor:

f.5.1 Potencia neta al freno;

Un motor equipado totalmente es usado para esta prueba. (Ver inciso d.1.2).

- a. Precalentador de aire si es aplicable.
- b. Filtro de aire.
- c. Sistema de admisión o un sistema que provea una equivalente restricción.
- d. Radiador no usado.
- e. Ventilador.
- f. Ventilador o soplador es un mecanismo de control de aire que opera normalmente enfriado por líquido.
- g. Sistema de escape o un sistema el que provea una restricción equivalente.
- h. Válvula de calor abierto.
- i. Tiempo: el especificado por el fabricante.
- j. Avance de encendido: el especificado por el fabricante.
- k. Ajuste de la bomba de combustible es el especificado por el fabricante.
- l. Ajuste del carburador o del control de medida del combustible el especificado por el fabricante.
- m. Ajuste del control de aumento de presión es el especificado por el fabricante.
- n. Equipo de control de emisión de gases y ruido es el especificado por el fabricante.

- o. Gobernador si es parte integral del motor.
- f.5.2 Potencia bruta al freno
- Un motor básico es usado para esta prueba (ver inciso d.1.1) usando el mismo equipo y montaje como para la potencia neta al freno con las siguientes excepciones:
- a. Filtro de aire.
  - b. Precalentador de aire.
  - c. Sistema de admisión: sistema de laboratorio.
  - d. Radiador.
  - e. Ventilador.
  - f. Sistema de escape: sistema de laboratorio.
  - g. Emisión de gases y ruido.
- f.6 Condiciones de operación:
- f.6.1 Los datos no deberán ser tomados hasta que la velocidad y el torque sean mantenidos en un rango del 1%, y la temperatura se mantenga en un rango de 2 °C por un mínimo de 2 minutos.
- Se podrá usar un procedimiento opcional para motores encendidos por chispa en lugar de la prueba de estado fijo. Este procedimiento consiste en la estabilización de la velocidad y temperatura por 2 minutos al 50% de abertura de la mariposa, después se abre rápidamente la mariposa totalmente. El torque es totalmente registrado 5 segundos después de abierta la mariposa. La medición de potencia se hace de acuerdo por este procedimiento opcional que deberá ser definido como "instantáneo".
- f.6.2 La velocidad del motor no se deberá desviar de la velocidad nominal por más de +/- 10 rpm. El que sea mayor.
- f.6.3 La temperatura del refrigerante para un motor enfriado por líquido deberá ser controlada con una variación de +/- 3°C del valor nominal del termostato especificado por el fabricante.
- f.6.4 La temperatura del combustible a la entrada de la bomba

de inyección diésel deberá ser controlada a  $40 \pm 3$  °C.

g. Obtención de datos:

g.1 Tendencia neta y bruta al freno

Deberán registrarse los valores de al menos cinco velocidades de operación aproximadamente similares para definir la curva de potencia entre 600 rpm y la máxima velocidad del motor recomendada por el fabricante. En motores de encendido por chispa, donde la fricción del motorizado, en caliente es usada. La medida de esta fricción deberá ser con las temperaturas de entrada del refrigerante y en la galería de aceite dentro de un rango de 3 °C de los observados durante la prueba de potencia.

g.2 Datos que van a ser registrados para la documentación de la prueba:

- a. Velocidad (ver inciso f.6.2).
- b. Torque al freno o carga transversal o de flexión (clasificado "instantáneo" si es aplicable) (ver inciso f.6.1).
- c. Torque de fricción o carga transversal (si es medida) (ver incisos d.2.6 y g.1).
- d. Temperatura del aire ambiente, presión, humedad (ver incisos e.3 y e.4).
- e. Presión y temperatura de aire de entrada (ver incisos f.3.1 y f.4.1).
- f. Presión del sistema de escape (ver inciso f.3.4).
- g. Temperatura del combustible administrado (ver inciso f.3.4).
- h. Temperatura del aceite y refrigerante (ver incisos f.3.2 y f.3.3).
- i. Todo el equipo auxiliar usado (ver inciso d.1.2).

g.3 Los próximos datos también deberán ser registrados donde se apliquen y para seguridad de la operación:

- a. Presión de aire.
- b. Temperatura y presión de aire de admisión.



- c. Temperatura de los gases de escape.
- d. Presión en el múltiple de escape.
- e. Filtro de aire y restricción de la tubería.
- f. Tiempo de ignición o inyección.
- g. Presión de combustible suministrado. (presión de inyección del combustible).
- h. Humo de escape (solo motores diesel).

h. Cálculos:

h.1 Símbolos

Símbolo	Unidad	Definición
B	KPA	Presión del aire en la admisión (ver inciso f.3.1).
D	L	Desplazamiento del motor.
F	g/s	Consumo de combustible.
N	rpm	Velocidad del motor.
P	KPA	Presión en el múltiple de admisión.
Fa		Factor atmosférico.
Fm		Factor del motor.
t	°C	Temperatura del aire en la admisión (ver inciso f.3.1).
bpo	KW	Potencia al freno.
fpo	KW	Potencia por fricción.
ipo	kW	Potencia indicada.
ipc	KW	Potencia indicada corregida.
bpc	KW	Potencia al freno corregida.

Suscritos

- C Corrección o condiciones estándar.
- D Condiciones del aire seco.
- O Condiciones observadas durante la prueba.

h.2 Equivalentes útiles

1 kg=	2.2046 lb.masa
1 N =	0.2248 lb.fuerza
1 N.m=	0.7376 lb.pie
1 Kpa=	0.1450 lb.pulg2
1 hp=	33,000 pie.lb/min
1 KW=	1,000 N/M/S
1 KW=	1.341 HP

h.3 Condiciones estándares a la entrada del aire

Presión total	B	100 Kpa
Temperatura	t	25 °C
Presión del vapor	-	1 Kpa
Presión del aire seco	B	99 Kpa
Densidad del aire seco	-	1.1572 kg/m3

h.4 Correcciones de la potencia:

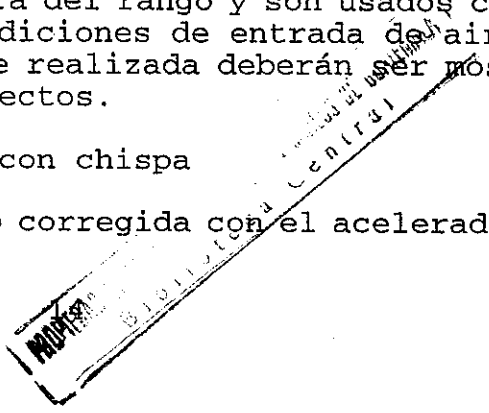
h.4.1 Condiciones atmosféricas para la prueba: el rendimiento de los motores diésel y de encendido por chispa es afectada por la presión, temperatura y humedad del aire a la entrada.

Por eso, para proveer una base común de comparación es necesario aplicar un factor de corrección para tomar en cuenta la diferencia entre las condiciones de admisión de aire y las condiciones a las cuales los datos de la prueba fueron obtenidos.

Esta medición es recomendada solamente para datos obtenidos dentro de un rango comprendido entre 95 y 101 Kpa de presión de aire seco a la entrada, y entre 15 y 43 °C para corrección en este estándar. Si los datos obtenidos están fuera del rango y son usados como base de corrección, las condiciones de entrada de aire bajo las cuales la prueba fue realizada deberán ser mostrados con los resultados correctos.

h.4.2 Motores encendidos con chispa

La potencia al freno corregida con el acelerador abierto,



la fricción del motor para corregir la potencia en motores, debe ser establecida por el método de motorizado en caliente con acelerador abierto.

$$iPo = fPo + bPo$$

$$iPc = (iPo) (99/Bdo) ( (t + 273)/298 )^{0.5}$$

$$bPc = iPc - fPo$$

Si la potencia de fricción no es medida:

$$bPc = (bPo) [1.18 (99/bdo) ( (t + 273)/298 )^{0.5} - 0.018]$$

(Ver inciso h.1)

h.4.3 Motores diésel, corrección de la potencia al freno con flujo de combustible constante:

$$bPc = (bPo) (fa)^{fm}$$

donde:

$$fa = (99/bdo)^{1.1} ( (t+273)/298 )^{1.2}$$

Para motores de aspiración natural y supercargando mecánicamente:

$$fa = (99/bdo)^{0.6} ( (t+273)/298 )^{0.6}$$

Para motores turbocargados y turbocargados postenfriados:

Donde  $fm = 0.036 (g/r) - 1.14$  ; para valores entre 40 y 65 mg/L. ciclos,

$fm = 0.3$  para valores de g/r menores de 40.

$fm = 1.2$  para valores de g/r mayores de 65.

Donde  $q = 120,000 (F/DN) \text{ mg/L}$ . Ciclo para motores de 4 tiempos.  
ó  $q = 60,000 (F/DN) \text{ mg/L}$ . Ciclo para motores de 2 tiempos.

donde la relación de compresión:

$$r = P/Bdo$$

En el caso de motores de aspiración natural  $r = 1$  (ver inciso h.1)

i. Presentación de resultados

En los motores encendidos por chispa, los datos deberán ser corregidos según inciso h.4.2, y para los motores diésel según inciso h.4.3; los datos corregidos deberán ser reportados e identificados como Potencia Neta o Potencia Bruta y deberá llevar la anotación: rendimiento obtenido y corregido de acuerdo con SAE J1349 cualquier desviación deberá ser anotada. En particular, las mediciones de potencia realizada de acuerdo con el procedimiento opcional descrito en inciso f.6.1 deberán ser marcados como INSTANTANEOS.

El punto de potencia al freno de régimen deberá ser identificado (ver inciso d.2.5).

NORMAS DIN

Norma DIN 700 20  
Ingeniería Automotriz

Potencia:

1. Potencia útil

La potencia debe ser medida en KW o en caballos de fuerza métrico PS en el clutch del motor. Para la prueba, el motor debe tener incluidos el sistema de admisión y escape, y encontrarse bajo condiciones de operación estándar.

Durante la prueba, el ventilador y la bomba de agua o ventilador para enfriamiento, bomba de combustible, bomba de inyección y el dinamo de carga deben estar conectados al motor.

Medición

La medición a una distancia de 1.5 m desde la entrada de la abertura y a una altura como la indicada. El equipo de medición deberá estar protegido además con un succionador de aire o chimenea y de la radiación por calor.

NOTA: la eficiencia mecánica y la humedad del aire no deben ser tomados en cuenta para la determinación de potencia de motores para automóviles, porque su impacto en los resultados finales es despreciable.

La potencia siempre debe estar en función del número de revoluciones por minuto.

2. Máxima potencia útil:

La máxima potencia útil (KW) o (PS) puede ser generada por el motor bajo condiciones térmicas establecidas.

3. Potencia por unidad de desplazamiento:

Cociente en KW o PS de la máxima potencia utilizable en KW o PS, y la capacidad cúbica total del motor en litros.

- (1) En las subsecuentes mediciones (pruebas), es permisible una variación de + 5%, para ese valor por la compensación de las tolerancias de fabricación y las diferencias en las condiciones de medición.
- (2) Las condiciones de operación estándar son:  
Vehículo equipado con carburador estándar.  
Sistema de ignición o bomba de inyección.  
Tanque con el combustible prescrito en las instrucciones del vehículo en cuestión.  
Adhesión de medición de temperatura de enfriamiento de agua y lubricante.
- (3) 1 PS = 0.736 KW  
1 TORR = 1,33 milibar

Otros estándares: DIN 1940 motores de combustión, definiciones, símbolos, unidades.

## CAPITULO IV

### DESCRIPCION DEL EQUIPO

#### 1. Principios del motor de 4 tiempos gasolina:

##### 1.1 Descripción

El motor de combustión interna desplaza sus émbolos dentro de sus cilindros, hacia arriba y hacia abajo, y transmite la fuerza a la flecha motriz, mediante un simple mecanismo de biela y manivela. Todo el mecanismo es controlado y dirigido por una serie de sistemas sincronizados.

##### 1.2 Identificación de partes principales del motor: (Ref. 8)

###### 1.2.1 Nomenclatura del motor:

Partes de que consta un motor y que hacen que éste sea una realidad.

- a) Bloque de cilindros.
- b) Biela.
- c) Cilindros.
- d) Cojinetes antifricción.
- e) Culata o tapadera de cilindros.
- f) Eje cigüeñal.
- g) Cámara de combustión.
- h) Volante.
- i) Válvulas.
- j) Sistema de distribución.
- k) Junta de culata.
- l) Sistema de alimentación.
- m) Pistones.
- n) Sistema de encendido.
- ñ) Anillos.
- o) Sistema de lubricación.
- p) Bulones o pasadores.
- q) Sistema de refrigeración.

(Ver figuras 1 y 2 en anexo 2)

a) Bloque de Cilindro

Constituye la armazón del motor y está fundido en una sola pieza de hierro colado, aunque algunos son hechos de fundición gris o aleaciones con otros metales como el Níquel, el Cromo y el Aluminio (muy utilizado últimamente).

En él se encuentran perforados los cilindros, posee además los pasajes o camisas de agua de refrigeración de los cilindros.

En la parte superior del bloque, se encuentran perforados los orificios para la circulación del agua de la culata, además de agujeros roscados en donde van colocados los tornillos que sujetan a la culata.

En su parte inferior, soporta el eje cigüeñal por medio de los cojinetes de bancada y soporta también el cárter o aceitera que sirve a su vez de cubierta al cigüeñal.

En la parte exterior, se encuentran suspendidos, a sus lados, el motor de arranque, alternador, la bomba de combustible, el filtro de aceite, el colector de escape y admisión, bomba de agua y ventilador, etc.

b) Cilindro

Se encuentra taladrado en el bloque y posee la superficie de deslice para los pistones. Los orificios de los cilindros se hacen en la fundición del bloque, y después se elaboran exactamente.

La superficie de rozamiento del cilindro está mejorado mediante el cromado, en el cual la capa de cromo tiene sólo un pequeño espesor (0.2 mm), pero es muy dura y ofrece largos tiempos de trabajo; estos cilindros pueden cargarse muy frecuentemente (soportar altas presiones) y son adecuados para elevado número de revoluciones.

c) Culata o tapadera de cilindros:

En el motor, se encuentra colocada en la parte superior del bloque, y se sujeta a éste con tornillos y tuercas; la culata es enfriada por agua y tiene perforadas las camisas de agua que contribuyen al enfriamiento de la cámara de combustión.

Para una mejor disipación del calor, la culata está fabricada de una aleación especial de aluminio.

d) Cámara de Combustión

La forma de cámara de combustión de este motor influye en el rendimiento; está colocada en la culata, y es aquí donde se

desarrollan los más importantes procesos de combustión.

La finalidad de su diseño es conservar toda la fuerza expansiva producida por los gases directamente sobre la cabeza del pistón y evitar la distorsión de los gases.

Otra finalidad es la creación y control de la turbulencia que entra tangencialmente para proporcionar un mejor llenado.

e) Válvulas

Tienen por objeto abrir y cerrar los orificios de admisión y escape de la cámara de combustión.

Las válvulas de admisión están hechas de una pieza, de una aleación de cromo y níquel y las válvulas de escape de una aleación de silicio y cromo, debido a las altas temperaturas que tienen que soportar.

f) Junta de culata

Sirve para establecerse un cierre hermético o prueba de gas, agua y aceite, entre el bloque la culata; debe soportar también la presión y el calor desarrollado en la cámara de combustión.

La junta de culata está fabricada, en su mayoría, de un tejido metal-amianto.

El amianto es un material que se puede elaborar en fibras y aparece como tejido; este material es muy blando, pero puede soportar temperaturas de hasta 1500 grados centígrados y se adapta como material aislante.

g) Pistones

La función del pistón es recibir la fuerza expansiva de los gases y transmitirla al eje cigüeñal por medio de la biela.

Los pistones están fabricados de una aleación de aluminio, por ser el más generalizado y tener la mitad de peso que los pistones fabricados con hierro fundido, por lo que se logra mayores velocidades de funcionamiento.

Se encuentra cerrado en su parte superior que es donde recibe la fuerza y en su parte inferior se encuentra abierto, de tal manera que pueda permitir la entrada de la biela y su acoplamiento por medio del bulón.

En su parte inferior, es más ancho que en la parte superior, y toma una forma cónica y ovalada.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



h) Anillos

Los anillos o aros de pistón tienen las funciones de formar un sello entre el pistón y el cilindro, evitan el escape de la compresión, y transmiten una tercera parte de la temperatura del pistón al sistema de enfriamiento por medio del cilindro.

Los anillos están contruidos de hierro fundido, porque absorben el calor; es resistente al desgaste y retiene con mayor grado su elasticidad original, (otros motores utilizan otros materiales tales como aleaciones de níquel, cromo, etc.).

i) Bulones o pasadores

Tiene como objeto unir los pistones a la biela, y tiene la misión de pasar a la biela las cargas que recibe el pistón.

j) Biela

Sirven de unión entre el pistón y el cigüeñal, y transmite a este último la fuerza aplicada al pistón producida por la explosión de los gases dentro de la cámara de combustión, y convierte asimismo el movimiento de vaivén en circular con el cigüeñal.

Está construido de fundición de acero al cromo vanadium.

k) Cojinetes antifricción

Consta de una parte de acero revestido con un metal blando, (babit) donde éste puede fundirse fácilmente porque tiene un punto de fusión relativamente bajo; están contruidos de este material porque deben guiar la biela, amortiguar la presión de la combustión que aparece en forma de golpe y de disminuir el rozamiento entre las piezas.

Se emplean cojinetes en las bancadas para el cigüeñal, en la cabeza de la biela, en el pie de la biela y en el árbol de levas, y su característica tiene que ser: adaptabilidad, que es adaptarse en todo momento a la superficie del eje que gira en el cojinete, permitir que se incrusten partículas de suciedad, y evitando así que se pueda rayar el eje; no debe adherirse a la superficie del eje, debe ser resistente a la corrosión por substancias químicas, tener una alta resistencia térmica, lo que significa que es capaz de soportar toda la carga a pesar de trabajar a temperaturas muy altas.

l) Eje cigüeñal

Transforma el movimiento alternativo de los pistones en movimiento rotatorio, recibe la fuerza desarrollada por todos

los pistones, para transmitirlo al volante.

El eje cigüeñal es en general una pieza de acero forjado, cuya forma se asemeja a la de varios manubrios puesto unos a continuación de otros, y sus características son: dureza en su superficie, resistencia a las fatigas de trabajo, y posee balanceo estático y dinámico.

Está construido de acero templado, pero existen algunos que se construyen de acero al cromo-níquel, al carbono y magnesio.

m) Volante

Está fabricado de acero, pero algunos se fabrican de fundición de acero. Está unido con el eje cigüeñal por medio de abridamiento.

Sus funciones son: almacenar la energía cinética de cada golpe del pistón, hacer uniforme y redondo el giro del eje cigüeñal, transmitir la fuerza desarrollada por el motor, posibilitar el arranque del motor por medio de una corona dentada exterior; admite además el embrague y forma una superficie de presión con el platillo de embrague.

n) Sistema de distribución:

El objetivo es el de dotar al motor de un mecanismo encargado de controlar la entrada de la mezcla carburante y la salida de los gases quemados.

El sistema de distribución consta de las siguientes partes: engranaje de sincronización del eje cigüeñal, engranaje de sincronización del eje de levas, busos o taqués, varilla de balancines, balancines, muelle de las válvulas, válvulas.

ñ) Funcionamiento

El engranaje del eje cigüeñal acciona al eje de levas, donde las levas del mismo empujan los busos o taqués, los cuales empujan las varillas hacia arriba y éstas a su vez accionan a través de un movimiento basculante del balancín la abertura de las válvulas; las válvulas por individual vienen provistas de uno o dos muelles recuperadores para lograr el cierre de éstas. (Ref. 8)

o) Sistema de alimentación

Es el encargado de proporcionar el combustible mediante mecanismos al carburador, y éste proporcionándole al motor conforme las necesidades del mismo.

Su nomenclatura consta de: epósito o tanque de combustible

(gasolina), tapón de depósito de combustible, tubería, filtro de combustible, depurador y carburador.

p) Sistema de encendido

En este motor, una chispa eléctrica enciende la mezcla aire combustible, la cual se produce mediante una instalación de encendido que consta de varias piezas colocadas en diferentes sitios del motor, un conducto une las piezas entre sí y forma a través de masa un circuito cerrado.

Emplea la instalación de arranque por batería, en la cual una batería suministra la corriente eléctrica, que pasa por una bobina de encendido y produce la tensión deseada, pero la alta tensión de encendido puede formarse sólo en la interrupción del circuito de encendido; y el interruptor está colocado en un distribuidor de impulsos eléctricos que se mandan por un eje de levas. Un contacto giratorio (rotor) conduce la tensión de encendido a la bujía correspondiente, donde produce la chispa de encendido deseado y luego se va a masa.

q) Sistema de lubricación

Los objetivos de la lubricación son: reducir la fricción entre las piezas en movimiento, absorber y disipar el calor, establecer un cierre hermético entre anillos y pared del cilindro, limpiar piezas, arrastrar la suciedad, contribuir a amortiguar los ruidos.

El sistema de lubricación a presión es el empleado en este motor de 4 tiempos; el aceite lubricante se encuentra en la parte inferior de la carcasa del cigüeñal (aceitera) y una bomba lo aspira impulsándola por las tuberías, limpiándose simultáneamente a través del filtro; de esta forma se lubrican los cojinetes del eje cigüeñal, del eje de levas, etc.

Las paredes del cilindro y bulones del cigüeñal reciben suficiente aceite por medio del efecto centrífugo del eje cigüeñal; el aceite de engrase se recoge en el cárter y se suministra de nuevo a los conductores de lubricación por medio de la bomba; circula por lo tanto continuamente, y regula la presión del mismo mediante una válvula que protege la instalación en caso de suministro (válvula de alivio). (Ref. 8)

r) Sistema de refrigeración

El objeto es el de evacuar el calor que se origina en el cilindro, durante la combustión, y mantiene el motor a una temperatura normal de funcionamiento (80 a 85 °C) asimismo debe contribuir al amortiguamiento de ruidos producidos en el

motor durante su funcionamiento.

El sistema de refrigeración, es el usado en este motor por agua, por circulación forzada, donde el refrigerante se hace circular a presión por todo el circuito, y cuenta para ello con una bomba.

Los componentes de este sistema son: radiador, mangueras, bomba, ventilador, camisas de agua, termostato. (ver figuras 1 y 2 en anexo 2).

### 1.3 Operación del motor de gasolina de 4 tiempos:

El motor con ciclo de 4 tiempos (denominado motor Otto) se llama así porque su émbolo o pistón efectúa 4 carreras (dos de ascendencia y dos descendencia) en el interior del cilindro durante un ciclo de operación; cada uno de los cuatro recorridos, efectuados por el pistón en un ciclo de trabajo, tiene una función específica y necesaria. (Ref. 8)

#### 1.3.1 Proceso teórico en el motor de 4 tiempos:

##### a) Admisión

En este tiempo la válvula de escape se encuentra cerrada y la válvula de admisión abierta.

Es carrera descendente del pistón durante la cual aspira la mezcla de aire y combustible del carburador, entra al cilindro pasando por la válvula de admisión.

##### b) Compresión

Carrera ascendente del pistón durante la cual la válvula de admisión y la de escape permanecen cerradas.

La mezcla de aire combustible se comprime fuertemente hasta que alcanza un pequeño volumen en la parte superior del cilindro.

La chispa se produce inmediatamente antes de que el pistón llegue al punto muerto superior (PMS) de la carrera de compresión.

##### c) Potencia

Explosión o fuerza. La chispa eléctrica hace que se encienda la mezcla de aire y combustible, y se queme muy rápidamente (proceso de combustión, no de explosión).

La repentina expansión de los gases calientes impulsa el émbolo hacia abajo con rapidez, y hace girar al cigüeñal mediante la biela; ambas válvulas permanecen cerradas durante esta carrera o descendencia de pistón.

d) Escape

La válvula de admisión se encuentra cerrada; en este tiempo la válvula de escape es la que se encuentra abierta, que abre antes del punto muerto inferior (PMI), para que los gases puedan salir libremente; el pistón en su carrera empuja los gases quemados para que salga por la válvula de escape y puedan salir al ambiente.

1.3.2 Comprobación preoperacional del motor

Antes de arrancar el motor, deben efectuarse las siguientes operaciones con el fin de realizar una inspección visual:

- a) Llene el tanque de combustible del motor con gasolina limpia y de grado adecuado según manual; recuerde utilizar un embudo y limpiar cualquier derrame.
- b) Revise el filtro de gasolina si no está tapado y verifique si el filtro de aire del depurador está limpio.
- c) Inspeccione el aceite del cárter (Aceitera); este debe estar entre el punto intermedio del máximo y mínimo de la barilla indicadora del nivel de aceite; si el nivel de aceite está bajo no lo arranque hasta haberle servido lo necesario, use aceite SAE 40.
- d) Mueva en el tablero de operación el acelerador hacia arriba y hacia abajo entre los puntos 0 y 100%, para comprobar que no se atranca o topa con algo.
- e) Compruebe el nivel de agua del radiador; si le falta, añada hasta que esté lleno totalmente; no intente arrancar el motor si le falta este líquido.
- f) Conecte o revise conexiones de la batería y cerciórese, yendo al tablero a colocar la llave en ignición y verifique que se enciendan las luces del tablero de control (rojo, verde y azul).
- g) Revise y cerciórese de que no existan derrames de agua, aceite o gasolina en el motor.
- h) No arranque el motor en este punto, sino pase a la sección de operaciones de la unidad de absorción de potencia del dinamómetro (capítulo 4 inciso 2.2) y luego regrese a "arranque del motor".

### 1.3.3 Arranque del motor

El siguiente procedimiento se aplica para arrancar el motor y debe seguirse en el orden indicado:

- a) El alumno tiene que tener conocimiento teórico del motor de gasolina, uso del dinamómetro, su funcionamiento, normas de seguridad, su procedimiento de prueba.
- b) Asegurese de haber realizado la comprobación preoperacional.
- c) Ponga el acelerador a 20% de abertura.
- d) Accione la llave de arranque a ignición; aquí compruebe que se enciende la luz de carga (roja), luz de presión de aceite (verde) y luz de sistema activado (azul).
- e) Si no le arranca al primer intento, pruebe otras dos veces; si no le vuelve arrancar revise el sistema y vuelva a intentarlo, si no llame a su instructor de laboratorio.
- f) Arrancado el motor, déjelo trabajando de 10 a 15 minutos para que llegue a su temperatura normal.
- g) Ya puede efectuar las pruebas correspondientes con la metodología (capítulo V).

### 1.3.4 Paro del motor

El siguiente procedimiento se aplica para detener la marcha del motor; es necesario respetar el orden:

- a) Suspenda las pruebas o simplemente quite la carga del dinamómetro.
- b) Reduzca la velocidad del motor de 20% o simplemente regule la velocidad a 950 RPM.
- c) Regrese la llave de arranque del tablero a la posición normal y cerciórese que se apaguen las luces de indicación, luz verde, roja y azul.
- d) En caso de emergencia, sólo regrese la llave.

## 2. Dinamómetro:

### 2.1 Descripción

La capacidad de trabajo y la eficiencia de un motor se determina midiendo su potencia de salida; una vez que se conduzca la potencia de salida, el motor podrá utilizarse en aplicaciones que estén dentro de su capacidad.

Para medir la eficiencia y la potencia de un motor con fuerza motriz rotatoria, generalmente se utiliza un dinamómetro.

Este dispositivo mide el par de un motor transformando el par rotario del eje cigüeñal del motor, en un momento de fuerza estacionario.

Por lo tanto, se puede utilizar para asentar motores, es decir, que cuando se repara un motor, se puede conectar al dinamómetro para darle carga controlada y así asentar el motor en una forma rápida y eficiente para luego entrar a trabajar directamente.

## 2.2 Identificación de partes principales:

### 2.2.1 Heenan - Froude: (Ref. 9)

Es la marca de freno de agua (dinamómetro) que se utilizará en el laboratorio para medir la potencia del motor de prueba, tanto en altas como en bajas velocidades.

En la figura 3 (anexo 2), se muestra un corte del mismo rotor (dinamómetro) que consta de un cierto número de cavidades aproximadamente semielípticas, y las cargas interiores de la cubierta contiene cavidades similares.

El agua conducida a la cubierta pasa a través de agujeros en sus cavidades y entra a las del rotor.

El movimiento de remolino ocasionado por la fuerza centrífuga hace que el agua sea regresada a las cavidades de la cubierta repitiéndose, y asimismo una y otra vez; este proceso es de alta turbulencia.

Un freno de este tipo es esencialmente estable y sostendrá cargas parciales con poca variación o ligeras posibilidades de carga.

La potencia del motor es absorbida por un flujo continuo de agua a través del freno.

La absorción de energía se manifiesta por la elevación de la temperatura del agua, y debe disponer de suficiente líquido para absorber la potencia máxima. (Ver figura 3, anexo 2)

### 2.2.2 Indicadores

Son dispositivos o aparatos para determinar el valor o la magnitud de una cantidad o una variable ( par = lbs, luces= verde, azul, roja, etc.).

a) Indicadores de fuerza

Es el que indica la fuerza de torsión que está haciendo el motor al hacer girar la unidad de fuerza.

b) Controles

Están constituidos por dos llaves de paso que regulan el paso de entrada y salida del agua del dinamómetro (ver figura 4, anexo 2)

Al momento de las pruebas, la llave de desagüe del dinamómetro tiene que estar totalmente cerrada; al terminar es necesario drenarlo y se abre ésta totalmente hasta que salga toda el agua, y luego se cierra.

La cantidad de pesas del dinamómetro va a estar determinado por el tipo de motor que se va a probar.

Al empezar el experimento asegúrese que el indicador de fuerza esté en cero para tener una lectura correcta.

Esto se logra regulando la manivela que se encuentra instalado en la parte superior del indicador de carga.

En la parte superior de las pesas, se encuentra un indicador de flecha que indica si el dinamómetro está horizontal. (Ver figura 5, anexo 2)

c) Operación de la unidad de absorción de potencia:

c.1 Balance estático

Para que el dinamómetro trabaje en condiciones normales, hay que calibrarlo con el balance estático que consiste en lo siguiente: (Ref. 9)

c.1.1 Desacoplar el motor del dinamómetro.

c.1.2 Desconectar el dashopt (unidad de golpe). (ver figura 4, anexo 2)

c.1.3 Desconectar cualquier sistema conectado al dinamómetro, hasta quedar libre.

c.1.4 Cerrar llave de desagüe del dinamómetro.



- c.1.5 Verificar el nivel de agua en el depósito (si falta agua, se llena hasta el límite máximo).
- c.1.6 Arrancar el motor de agua para que circule en el sistema (el interruptor está en la parte alta del radiador).
- c.1.7 Abrir las llaves de entrada y salida del agua hasta que ésta circule normalmente en el dinamómetro.
- c.1.8 Mover los pesos de la balanza, y depende de los bhp a medir.
- c.1.9 Ajustar la manivela de balance (parte superior del indicador de carga), hasta que la armazón del dinamómetro esté horizontal; esto se facilita guiándose por la flecha guía (parte superior de las pesas color azul).
- c.1.10 Fijar el resorte de balance a cero con la manivela y la tuerca de sugestión de seguridad.
- c.1.11 Conectar el motor, el dashpot y cualquier otro sistema necesario para la prueba (encender el motor del ventilador, el switch está a la par del switch del motor de agua).

d) Proceso de la prueba

Este proceso se debe que hacer antes de empezar la prueba:

- d.1 Verificar que la válvula de drenaje del dinamómetro esté cerrada.
- d.2 Hacer circular el agua en el dinamómetro; para esto, se abren totalmente las llaves de entrada y salida del líquido.
- d.3 Leer y operar según arranque de motor (capítulo 4 inciso 1.3.3).
- d.4 Arrancar el motor en estas condiciones (la carga del dinamómetro es nula, por lo tanto el motor estará trabajando en vacío).
- d.5 Arrancado el motor, y ya caliente, debe hacerse trabajar a ralenti (950 RPM) para regular la carga del dinamómetro, según las especificaciones o tipo de motor que se va a probar.
- d.6 Terminado esto, se procede a la carga del dinamómetro que consiste en regular la salida de agua del dinamómetro con la llave de salida (manivela de carga).
- d.7 Terminada las pruebas quitar la carga del dinamómetro y

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICAS

dejarlo trabajar un momento, luego se procede a parar el motor (proceda según para del motor capítulo 4 inciso 1.3.4).

- d.8 Drenar el agua del sistema y por último abrir totalmente la llave de drenaje del dinamómetro hasta no tener nada de agua, y luego cerrar.

2.2.3 Procedimiento para el cálculo de potencia a partir de datos obtenidos con el dinamómetro

Consiste en leer en el indicador de fuerza el valor que corresponde al número de revoluciones por minuto en el tablero, luego sustituirlo en la fórmula siguiente:

$$\text{B.H.P.} = W \times N/K \quad (\text{Ref. 9})$$

Donde:

W = Peso en libras (obtenida en el indicador de fuerza dinamómetro).

N = RPM (obtenida en el tacómetro en el tablero de operación).

K = 2400 (constante dada por la fórmula del fabricante para este dinamómetro).

2.2.4 Mantenimiento

Para mantener el equipo de trabajo en buenas condiciones, debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- a. Las empaquetaduras del eje son sellados y no necesitan de mantenimiento, asimismo como los sellos.
- b. La caja de la unidad de potencia está sellada (no debe desarmarse salvo sea extremadamente necesario o para reparación general).
- c. Remover los guarda polvos sólo para inspección y de ser necesario agregar aceite o grasa, según donde se localice (utilizar grasa grafitada Molu-Alloy, la ideal para ello, dado por el Manual).
- d. Mantener los cojinetes bien lubricados con grasa Molu-Alloy según manual, lubricarlos por medio de los grifos para engrase; si están malos deben cambiarse.
- e. Mantener los tornillos y roscas de las manivelas, así como los controles de carga limpios y lubricados.

- f. El agua de servicio tiene que comprobarse que tenga un pH de 8 a 8.4.
- g. Al terminar la práctica, se drena el dinamómetro para que no quede agua dentro de él, y así evitar la oxidación de los elementos internos.
- h. Mantener las tolvas de protección en buen estado (guarda eje cardán).
- i. Mantener lubricado con grasa las uniones (cruces).

### 3. Montaje del motor al dinamómetro

Consiste en acoplar el motor al dinamómetro tomando en cuenta la distancia, alineamiento y su balance. (Ref. 9)

#### 3.1. Alineamiento

- a. Debe acercarse lo más que se pueda el motor al dinamómetro, para que sea más fácil su alineamiento y evitar cargas residuales o adicionales.
- b. La altura del eje del dinamómetro tiene que ser la misma que la altura del eje de salida que se acopla al motor de salida de la caja de velocidades, si se hacen pruebas de esta índole (el motor tiene que estar horizontal).
- c. La alineación del eje del dinamómetro se tiene que mantener, para que el eje cardán junto con la del dinamómetro formen una sola línea recta; para esto, se hace línea guía de alineación en el piso (de ser necesario algún ajuste, se mueve al motor).
- d. Tanto el motor como el dinamómetro tiene que mantenerse fijo totalmente durante toda la prueba, para evitar que se desalinee.

- 3.2 Al colocar coplas o adoptar mecanismos de prueba, como ejes no balanceados, se pueden producir vibraciones, subidos y hasta puede suceder en un momento el desprendimiento de alguna pieza o elemento; para evitar esto, se necesita de un balanceo general de todo aquel mecanismo que se acople.

## CAPITULO V

### METODOLOGIA

1. Prueba de par de rotación y velocidad (RPM) con el acelerador totalmente abierto en un motor de gasolina de 4 tiempos, convencional, en estado de trabajo normal.

#### 1.1 Descripción

La prueba con el acelerador totalmente abierto es un buen método para determinar la potencia máxima de un motor a cualquier velocidad RPM; esto permite comparar la potencia real con la potencia indicada (potencia indicada = es la que se da con las especificaciones del fabricante, y la potencia real la que se obtiene en esta prueba).

Generalmente en las especificaciones generales del fabricante del motor se dan la potencia, el par máximo y las RPM.

El par de rotación aumenta constantemente al aumentar las RPM del motor, hasta alcanzar un punto en el cual el motor toma la carga máxima de combustible por RPM y ejerce el mayor esfuerzo de rotación sobre el cigüeñal; por arriba de esta velocidad, un cierto número de factores contribuyen a reducir el volumen de la carga de combustible que pasa a la cámara de combustión y como resultado disminuye el par.

La mayoría de los motores no operan continuamente a la velocidad correspondiente a la potencia nominal, por lo que es deseable saber qué potencia se desarrolla a valores superiores e inferiores de RPM.

La potencia del motor se puede reducir hasta en 10% cuando la temperatura del material de la culata se eleva de 93 °C a 200 °C; por esta razón en todas las pruebas realizadas para fines de comparación no debe haber interrupciones y los cambios de velocidad deben hacerse en el mismo sentido, hacia arriba o bien hacia abajo, en el intervalo de RPM.

Empiécese con el valor más alto de RPM en el intervalo de prueba y varíense el trabajo y las condiciones en forma descendente hasta llegar al más bajo.

1.2 Procedimiento:

1.2.1 Comprobación preoperacional de prueba:

Realizado

si / no

Leer y operar según la comprobación operacional del motor (ver capítulo IV, inciso 1.3.1).

Leer y operar según la operación de absorción de potencia del dinamómetro (ver capítulo IV, inciso 1.3.1).

El motor tiene que estar totalmente equipado.

Sistema de admisión (carburador original filtros).

Sistema de escape (tubo de escape, silenciador).

Sistema de enfriamiento (radiador, bomba termostato).

Sistema de emisión de gases.

Alternador.

Bomba de gasolina mecánica.

Motor de arranque.

Deberá tomarse en cuenta:

Realizado

si / no

La temperatura y presión del aire a la entrada del motor (tomadas en la corriente de aire en la admisión o dentro de los 150 mm antes del filtro de aire.

La temperatura del refrigerante se toma a la entrada y salida del motor.

La temperatura del aceite se mide en la galería principal de la culata.

La temperatura del combustible se mide a la salida del dispositivo de medición volumétrica.

La presión del sistema de escape se mide dentro de los 150 mm del flujo abajo del escape.

Los datos deberán ser tomados de velocidad y el torque hasta que sean mantenidos en un rango de 1%, y la temperatura se mantenga en un rango de 2°C por un mínimo de 2 minutos.

La velocidad del motor no se deberá desviar de la velocidad nominal por más de +/- 10 rpm.

La temperatura del refrigerante deberá ser controlada de variación +/- 3 °C del valor nominal especificado por el fabricante.

La temperatura del combustible a la entrada de la bomba deberá ser controlada a 40 +/- 3°C.

Leer y operar según la operación de absorción de potencia del dinamómetro (ver capítulo IV inciso 1.3.1).

1.2.2 Procedimiento operacional de prueba

Realizado

si / no

Abrir todas las llaves del sistema de agua del dinamómetro.

Arrancar la bomba de agua.

Arrancar el ventilador del radiador.

Poner la perilla de control de carga en la posición mínima del motor (acelerador en el tablero, palanca hasta abajo).

Arranque el motor y ajuste el acelerador para 1000 RPM, y deje calentar durante 30 segundos.

Tomarse los datos siguientes:

Presión atmosférica

Temperatura y presión de aire de admisión

Presión múltiple de escape

Presión de combustible suministrado

Tiempo de ignición

Aumentar lentamente la abertura del acelerador al mismo tiempo, y dar carga al motor por medio de la perilla de control hasta que el acelerador esté totalmente abierto y el tacómetro indique el máximo de revoluciones de ese motor.

Registrar las indicaciones del medidor de carga en libras.

Calcular BHP según fórmula en procedimiento de cálculo de potencia (capítulo IV, inciso 2.3.5), y anotarlo en tabla de datos (ver tabla 1 anexo 3).

Con el acelerador en la posición de abertura total, ajustar la perilla de control de carga para velocidades del motor de 4500, 4000, 3500, 2000, 1500, 1000 rpm y anotarlo en tabla de datos.

Suprimir la carga, reducir la abertura del acelerador poniéndolo en marcha mínima y pare el motor.

Calcular BHP para cada velocidad del motor y registrar en tablas de datos. (ver diseño en tabla 2 anexo 3).

Usar un cuadro de gráficas en blanco para trazar las curvas de par de rotación y de potencia.

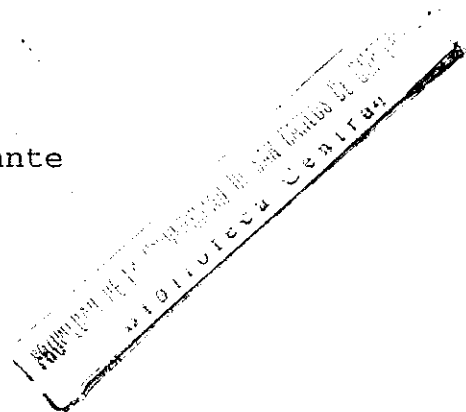
Trazar las curvas de par y de potencia en el cuadro mencionado utilizando los valores calculados y registrar en las tablas de datos marcando con un letrero cada curva. (ver tabla 3, anexo 3).

### 1.3 Tabulación de datos.

Ver tabla 3, anexo 3.

### 1.4 Gráficas de RPM, BHP, par resultante

Ver gráficas 1 y 2, anexo 4.



## 1.5 Comentarios:

Los datos y las gráficas indican que el motor incrementa su BHP como aumenta sus revoluciones. El par muestra un alto incremento al principio, y cómo baja aumentándose las revoluciones; disminuye el incremento hasta llegar al punto que si se aumenta en las rpm, éste se disminuirá, lo que indica que el motor tiene su mayor par en 2800 rpm y que es el punto más alto; a partir de aquí, muestra la disminución de par de 2000 rpm que es el punto óptimo de marcha con el mínimo consumo de combustible.

En esta prueba, no se aplicó factor de corrección y se despreció el desgaste del motor por sus horas de trabajo paradas.

2. Prueba de rotación a velocidad (RPM) constante y abertura variable del acelerador en un motor de gasolina de 4 tiempos, convencional, en estado de trabajo normal.

### 2.1 Descripción

En muchas ocasiones, es conveniente que un motor trabaje a velocidad constante, aun cuando la carga sea variable.

Por ejemplo, un ingeniero desea viajar en un automóvil en carreteras del país y lo desea hacer a una velocidad determinada para recorrer el mayor espacio posible en el menor tiempo.

Si no influyeran factores incontrolables, bastaría sólo con colocar el acelerador en una posición y de ahí no haría nada, sino con toda tranquilidad se concentraría a guiar su vehículo.

Estos factores sobre los cuales no tiene ningún control, como ascendencia, descendencia y curvas del camino hacen que varíe la carga sobre el vehículo y en consecuencia, tiene que ajustar frecuentemente el acelerador para aumentar o disminuir el par de rotación y compensar así la mayor o menor carga del mismo.

Al subir una cuesta, abrirá el acelerador para impedir la pérdida de velocidad, y al descender dejará de acelerar para evitar que aumente la velocidad.

En las curvas, dará un poco de más combustible para compensar la carga adicional debida al cambio de dirección sobre el movimiento del vehículo.

Puesto que los motores con frecuencia tienen que trabajar, a



velocidad constante con carga variable, es muy útil saber cómo funcionará un motor en estas condiciones.

Se pondrá el motor a trabajar normalmente y luego se aumentará la abertura del acelerador en incrementos de 10% aumentando a la vez la carga para conservar la velocidad, hasta que el acelerador esté abierto a un 100%.

Los datos obtenidos describirán el funcionamiento del motor a velocidad constante y carga variable.

## 2.2 Procedimiento:

### 2.2.1 Comprobación preoperacional de prueba:

Realizado

si / no

Leer y operar según la comprobación preoperacional del motor (capítulo IV inciso 1.3.1).

Leer y operar según la operación de absorción de potencia del dinamómetro (capítulo IV inciso 2.3.3)

El motor tiene que estar totalmente equipado.

Sistema de admisión (carburador original filtros).

Sistema de escape (tubo de escape, silenciador).

Sistema de enfriamiento (radiador, bomba termostato).

Sistema de emisión de gases.

Alternador.

Bomba de gasolina mecánica.

Motor de arranque.

Deberá tomarse en cuenta:

Realizado  
si / no

La temperatura y presión del aire a la entrada del motor (tomadas en la corriente de aire en la admisión o dentro de los 150 mm antes del filtro de aire.

La temperatura del refrigerante se tomará la entrada y salida del motor.

La temperatura del aceite se mide en la galería principal de la culata.

La temperatura del combustible se mide a la salida del dispositivo de medición volumétrica.

La presión del sistema de escape se mide dentro de los 150 mm del flujo abajo del escape.

Los datos deberán ser tomados de velocidad y el torque hasta que sean mantenidos en un rango de 1%, y la temperatura se mantenga en un rango de 2°C por un mínimo de 2 minutos.

La velocidad del motor no se deberá desviar de la velocidad nominal por más de +/- 10 rpm.

La temperatura del refrigerante deberá ser controlada de variación +/- 3 °C del valor nominal especificado por el fabricante.

La temperatura del combustible a la entrada de la bomba deberá ser controlada a 40 +/- 3°C.

Leer y operar según la operación de absorción de potencia del dinamómetro (ver capítulo IV inciso 1.3.2).

2.2.2 Procedimiento operacional de prueba

Realizado  
si / no

Abrir todas las llaves del sistema de agua del dinamómetro.

Arrancar la bomba de agua

Arrancar ventilador del radiador

Poner la perilla de control (acelerador en el tablero) en carga mínima, ralentí (palanca hasta abajo).

Arrancar el motor y ajustar el acelerador y el control de carga para las revoluciones por minuto deseado (en este caso a velocidad de operación en carreteras como las del país, 2000 RPM), dejar en marcha unos 30 segundos para que se caliente.

Tomarse los datos siguientes:

Presión atmosférica.

Temperatura y presión de aire de admisión.

Presión múltiple de escape.

Presión de combustible suministrado.

Tiempo de ignición.

Registrar la velocidad del motor (2000 rpm) en el espacio abajo de la tabla de datos (capítulo V inciso 3).

Mover el acelerador a la marca de 30% y dar carga al motor por medio del control de carga para mantener la velocidad en 2000 rpm. (ver tabla 4, anexo 3)

Anotar en la tabla de datos la lectura del medidor de carga de rotación.

Calcular la potencia en BHP y registrar el resultado siempre en la tabla de datos; leer

y proceder según el procedimiento para el cálculo de potencia (capítulo IV inciso 2.2.3)

Aumentar la abertura del acelerador en los porcentajes restantes en listado en tabla de datos, utilizando el control de carga para limitar la velocidad de 2000 rpm.

Anotar en la tabla de datos los valores del par de rotación. (ver tabla 5 anexo 3)

Suprimir la carga, cerrar totalmente el acelerador y parar el motor.

Calcular las potencias en BHP y anotar los resultados en la tabla de datos. (ver tabla 6 anexo 3).

Trazar las gráficas de par de rotación y de potencia en el cuadro para gráficas en blanco de la figura siguiente (ver tabla 5 anexo 3)

2.2.3 Tabulación de datos:

Ver tabla 6, anexo 3.

2.2.4 Gráficas de RPM, BHP, par resultante:

(Ver gráfica 3, anexo 4)

3. Comentario.

Manteniendo el motor a 2000 rpm y haciendo variar la aceleración del motor en un porcentaje, esto indicará que si se incrementa la aceleración según porcentaje, el par se incrementará hasta llegar a un punto óptimo del 90%; de ahí disminuirá y que el BHP se incrementa de igual forma sólo que este punto está al 85%, lo que indica en esta prueba, que para obtener el máximo de eficiencia en cuanto par, BHP y consumo de combustible estará a 88% de la aceleración máxima del motor, que indica que es necesario incrementar el consumo de combustible para aumentar el par o BHP cuando se haya llegado a este punto.

No se aplicó factor de corrección y no se tomó en cuenta el desgaste del motor en sus horas de trabajo.

4. Ejemplo:

4.1 Prueba del motor haciendo variar el tiempo de encendido:

4.1.1 Par de rotación y velocidad (rpm) con el acelerador totalmente abierto.

a. Descripción

Se ha dado muchas veces que los automóviles toman ciertas variaciones en su potencia, que da marco a descendela y a que exista un incremento en el consumo de combustible; en esta prueba, se logrará determinar cómo influye si por una u otra razón se altera el tiempo del motor; experimentalmente se atrasará el tiempo 7 grados y se hará la comparación de la potencia real con la indicada por su fabricante a cualquier velocidad, asimismo con lo experimentado anteriormente (abriendo totalmente el acelerador y haciendo variar las rpm por la carga en el dinamómetro).

b. Procedimiento

b.1 Comprobación preoperacional y prueba

Realizado  
sí / no

Tomar especificaciones del motor, marca, serie, cilindraje, tipo de combustible que usa, fecha de prueba.

Tiene alternador.

Tiene bomba de agua.

Tiene bomba de gasolina.

Tiene filtro de aire.

Tiene batería cargada.

Tiene escape.

Tiene silenciador.

Inspección de estado del nivel de aceite, agua y combustible en el motor, de hacer

falta, llenarlo a su límite, asimismo comprobar la conexión de batería, que no exista derrame de ningún combustible y si existe, limpiarlo.

Desconectar el motor del dinamómetro y cualquier otro sistema como unidad de golpe (dashpot) y la circulación del agua del dinamómetro.

Verificar si el sistema de refrigeración del dinamómetro funciona, y si no está a su nivel de agua, agregarle.

Asegurarse de que la válvula de desague del dinamómetro esté cerrado.

Luego arrancar el motor de agua para que circule en todo el sistema, verificar que no existan fugas de agua.

Abrir las válvulas de entrada y salida de agua del dinamómetro, hasta que circule normalmente.

Mover la manivela de balance (parte superior del indicador de carga) hasta que la armazón del dinamómetro quede horizontal, guiarse con la flecha guía que está en la parte superior de los pesos; luego se fija el resorte de balanza a cero con la manivela y la tuerca de sugestión de seguridad.

Se conecta el motor por medio de la transmisión, asimismo asegurarse de que los tornillos de las uniones con el eje cardán estén bien apretados.

El eje protegido con su tolva.

Arrancar el ventilador del sistema del dinamómetro.

Con los conocimientos teóricos del motor, uso del dinamómetro, como las normas de seguridad, se procederá al arranque del motor de la siguiente manera:

Poner el acelerador a 25% de abertura, accionar la llave de arranque a ignición y comprobar que se enciende la luz roja de carga, luz verde de aceite y luz azul de sistema activado.

Accionar la llave de ignición a start, tan pronto arranque soltarla; el llavín regresará automáticamente, luego asegurarse que se apagaron las luces verdes y rojo (la luz azul se tendrá que mantener encendida hasta que el motor deje de funcionar).

Dejar el motor encendido por un tiempo de 10 a 15 minutos para que llegue a su temperatura de trabajo.

Tomar los datos siguientes:

Presión atmosférica.

Temperatura y presión de aire de admisión tomado a la entrada del carburador antes del filtro.

Temperatura de los gases de escape.

Presión de combustible suministrado.

Transcurrido ese tiempo, instalar una lámpara de tiempo y comprobar a cuantos grados está trabajando (esto se ve en la polea del cigüeñal).

Con una llave de 12 mm, aflojar la tuerca que sujeta el distribuidor y mover en sentido de las agujas del reloj y comprobarlo con la lámpara de tiempo, si retrocedió el tiempo 7 grados, si no, regularlo moviendo el distribuidor hacia la derecha o izquierda, y terminar de apretar la tuerca y estar listos para las pruebas.

Poner el acelerador en posición mínima (relentí), luego regularlo a 2000 rpm.

Acelerar el motor lentamente y asimismo darle carga hasta que se abra totalmente el acelerador (acelerador al máximo).

Registrar los datos (rpm) y carga en los indicadores correspondientes y anotarlos en la tabla de datos, después de terminada la prueba podrá calcular los BHP para completar la tabla, donde  
 $BHP = (W \times N) / 2400$ , (W = lectura del

dinamómetro y  $N = \text{rpm}$ ).

Con el acelerador en la posición de abertura total, ajustar con la manivela de control de carga para las velocidades de 4500, 4000, 3500, 3000, 2500, 2000, 1500, 1000 rpm y anotar en las tablas de datos.

Terminada las pruebas, suprimir la carga, reduciendo la abertura del acelerador, poniendo en marcha mínima y proceder con el otro experimento sino colocar la lámpara de tiempo, aflojar con la llave 12 mm la tuerca del distribuidor y regrese este a su posición inicial, comprobarlo con la lámpara de tiempo, y terminar de apretar la tuerca y quitar la lámpara.

Apagar el motor colocando el acelerador en mínimo y regresar la llave de ignición a posición normal, comprobar que se apague la luz azul, apagar el motor del ventilador y del motor de agua, desaguar el sistema y drenar el dinamómetro hasta que en el sistema no exista agua.

c. Tabulación de datos:

Ver tabla 7, anexo 3.

d. Gráficas BHP, RPM, par resultante:

(Ver gráfica 4 anexo 4).

e. Conclusión

El hecho de atrasar el tiempo del motor 7 grados, lo obliga a que el tiempo de encendido de la chispa sea de 0 grados.

Por otra parte, el tiempo de aprovechamiento de la combustión se acorta y no se lleva a cabo en el momento preciso, lo que obliga a pérdidas de fuerzas expansivas de los gases de combustión.

Lo que demuestra la gráfica 4 del anexo 4, no es más que la deficiencia de trabajo del motor con relación a las pruebas de motor en condiciones normales de tiempo a que se pierde la proporcionalidad de potencia respecto al porcentaje de abertura del acelerador. En estas condiciones, se tiene que



el motor trabaja suave, poco revolucionado, con la deficiencia de que cuando se le exige más potencia no es inmediata, ni es completa; con todo esto se lleva a un aumento considerable de consumo de combustible, y se tendrá al final un deterioro prematuro de los elementos del motor.

4.1.2 Par de rotación a velocidad (RPM) constante y abertura variable del acelerador.

a. Descripción

Como se describió anteriormente, se atrasará el tiempo del motor 7 grados comprobándolo siempre por la lámpara de tiempo; aquí lo que se hará será comprobar el comportamiento del motor en esas condiciones de tiempo, se hace mantener la velocidad RPM constante y se hace variar la abertura del acelerador y la carga en el dinamómetro.

b. Procedimiento:

b.1 Comprobación preoperacional de la prueba.

Realizado  
si / no

Tomar especificaciones del motor, marca, serie, cilindraje, tipo de combustible que usa, fecha de prueba.

Tiene alternador.

Tiene bomba de agua.

Tiene bomba de gasolina.

Tiene filtro de gasolina.

Tiene batería cargada.

Tiene escape.

Tiene silenciador.

Inspección de estado del nivel de aceite agua y combustible en el motor; de hacer falta, llenarlo a su límite, asimismo comprobar la conexión de batería, y que no exista derrame de ningún combustible y si existiera, limpiarlo.

Desconectar el motor del dinamómetro y cualquier otro sistema como el dashpot y la circulación del agua del depósito hacia éste.

Verificar si el sistema de refrigeración del dinamómetro sí funciona y si está a su nivel el agua.

Verificar que la válvula de desgaste del dinamómetro esté cerrado.

Arrancar el motor de agua para que circule en todo el sistema.

Verificar que no existan fugas de agua.

Abrir las válvulas de entrada y salida de agua del dinamómetro hasta que circule normalmente.

Mover la manivela de balance (parte superior del indicador de carga) hasta que la armazón del dinamómetro quede horizontal; guiarse con la flecha guía que está en la parte superior de los pesos.

Fijar el resorte de balanza acero con la manivela y la tuerca de sujeción de seguridad.

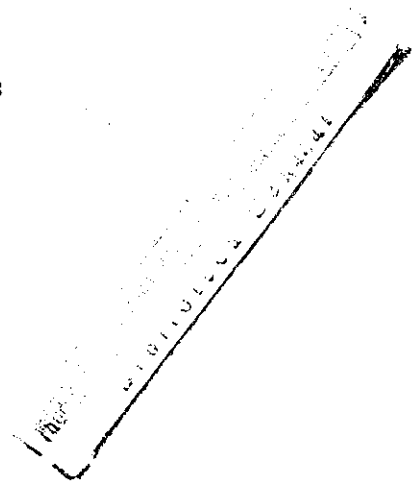
Conectar el motor por medio de el eje cardán.

Asegurarse de que los tornillos de las uniones con el eje cardan estén apretados.

Colocar la tolva o protector del eje.

Arrancar el ventilador del dinamómetro.

b.2 Con los conocimientos teóricos del uso del dinamómetro, y con las normas de seguridad se procede al arranque del motor de la siguiente manera:



Poner el acelerador a 25% de la abertura.

Accionar la llave de arranque a ignición.

Comprobar que se enciende la luz roja de carga de batería, luz verde de aceite de motor y luz azul del sistema activado.

Accionar la llave de ignición a start; tan pronto arranque, soltarla; el llavín regresarla automáticamente.

Verificar que se apagaron las luces verde y rojo.

Dejar el motor encendido por un tiempo de 10 a 15 minutos para que llegue a su temperatura de trabajo.

Tomar los datos siguientes:

Presión atmosférica.

Temperatura y presión de aire de admisión; tomarlo a la entrada del carburador antes del filtro.

Temperatura de los gases de escape.

Presión de combustible suministrado.

Colocar el acelerador en una posición que el motor quede estable a 2000 rpm.

Tomar los datos de carga en el indicador del dinamómetro y anotar en la tabla.

Mover el acelerador 30% y darle carga al motor por medio de la manivela de carga del dinamómetro, de modo que se mantenga las 2000 rpm.

Anotar la carga en la tabla que corresponde al 30% de abertura de la válvula del carburador.

Aumentar la abertura del acelerador en los porcentajes 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100%, y anotar sus respectivas cargas leídas en el dinamómetro.

Tabular los datos finales.

Tomados los datos finales, suprimir la carga progresivamente.

Regresar al 30% inicial y dejarlo trabajar 30 segundos en vacío.

Aflojar la tuerca del distribuidor y regresarlo a su posición normal (comprobarlo con la lámpara de tiempo).

Regresar el acelerador a su posición normal.

Regresar la llave de ignición a stop.

Verificar que se apague la luz azul.

Apagar ventilador.

Apagar bomba de agua.

Drenar sistema de agua del dinamómetro.

Cerrar las válvulas de carga del dinamómetro.

Calcular con los datos BHP:

$$\text{BHP} = W \times N / 2400$$

donde N = par (obtenido en el indicador del dinamómetro).

Elaborar gráfica porcentaje versus BHP.

c. Tabulación de datos:

Ver tabla 8, anexo 3.

d. Gráficas RPM, BHP y el par resultante

Ver gráfica 5, anexo 4.

#### 4.1.3 Conclusiones

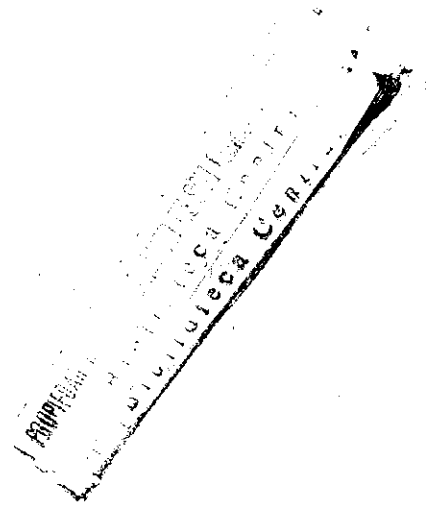
Como el tiempo está atrasado respecto a lo normal, se tiene pérdida de combustible por no tener el tiempo necesario para combustión, esto representa en la gráfica una igualdad en porcentaje igual para el par y BHP 90%, la abertura de la válvula del carburador; lo que se tiene es que el motor trabaja suave pero cuando le exijan potencia tardará un tiempo, y se sentirá la disminución de esta. Como la disminución de la temperatura será característica, no se aplicó el factor de corrección y no se tomó en cuenta el desgaste del motor por su tiempo de trabajo.

## CONCLUSIONES

1. La guía de laboratorio, para el uso del dinamómetro de la Facultad de Ingeniería, está diseñada para que el estudiante pueda operar y evaluar el sistema motor/dinamómetro para las pruebas de diagnóstico de fallas, o para la obtención de puntos óptimos de funcionamiento de motor de gasolina de 4 tiempos, en el laboratorio de motores de combustión interna de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. En este dinamómetro, se pueden asentar motores con reparaciones generales.
3. Esta tesis puede utilizarse como guía para la utilización o práctica de cualquier dinamómetro dentro o fuera de la empresa.
4. La eficiencia del motor es determinada, a su máxima capacidad, cuando se dispone de los datos del fabricante.

## RECOMENDACIONES

1. Se deben utilizar protectores auditivos para las pruebas en los motores sin silenciador o con escape abierto.
2. Ninguna persona debe acercarse demasiado al mecanismo, cuando se esté operando.
3. No hay que quitar tolvas de protección del sistema de transmisión motor/dinamómetro, ni de los ventiladores; y mantener a los espectadores por lo menos a 2 metros de distancia de la zona de práctica.
4. Antes y después de cualquier práctica, hay que revisar que las bridas o acoples que giren, estén totalmente ajustadas.



## REFERENCIAS

1. Willian H. Crouse. Libro de Ejercicios de Taller del Técnico Automovilista. 3ra. edición española. Barcelona. Marcombo Boixaren Editores. 1976.
2. Wasdyke y Snyder. Motor de Gasolina de Cuatro Tiempos. Operación, Prueba y Evaluación. Primera edición. México. Editorial Limusa. 1976.
3. Denton, K. Seguridad Industrial. Segunda edición. USA. Editores Calipso. 1970
4. Kidre. Portable Fire Extinguisher. (Extinguidores de fuego portátil). Owner's Manual. s.l.i spi. s.f.
5. Edward F. Obent. Motores de Combustión Interna. Traducción de la segunda edición en inglés. México. Compañía Editorial Continental S.A. de C. V. México. 1989.
6. Manual de Normas SAE. s.l.i s.p.i s.f
7. Manual de Normas DIN. s.l.i s.p.i s.f
8. Georg Kerschensteiner. Temario de Mecánica Automotriz. Mazatenango, Suchitepéquez. Guatemala. Promoción 1980-1982
9. Froude Hydraulic Dynamometers Tips DPX and DPXN. Manual de Instrucción IM506/4. England. A Babcock International Company. may 1987.



## BIBLIOGRAFIA

- Aaron D. Deutschman. Diseño de Máquinas. Teoría y Práctica. Tercera edición. México. Compañía Editorial Continental S. A. 1989.
- A. Letensetter. Tecnología de los Oficios Metalúrgicos. 38 edición. España. Editorial Reverté S. A. 1974.
- Baumeister et. al. Manual del Ingeniero Mecánico Marks. Segunda edición. México. Editorial McGraw Hill. 1984.
- Edward F. Obert. Motores de Combustión Interna. Traducción de la segunda edición en inglés. México. Compañía Editorial Continental, S. A. de C.V. México. 1989.
- Codina, Ricardo. Iniciación a la Mecánica. Segunda edición. España. Editorial Sintesis S. A. 1989.
- Ferdinand P. Beer. Mecánica Vectorial para Ingenieros, Estática, Dinámica. Cuarta Edición, México. Editorial McGraw Hill. 1985.
- Froude Conside Limited. Instruction Manul LM506/4). USA A Babcock International Company. may 1987.
- N. L. Erpelaing. Reparación y Puesta a Punto de Motores Diesel. Segunda edición. Barcelona. Editorial Marcombo. Boixaren. 1979.
- Rodríguez de Atala, V. Taller del Automóvil # 5. Segunda edición. España. Editorial Iberoamericana Quorium S. A. 1984.
- Schwoch. Manual Práctico del Automóvil Motor. Tercera edición. España. Editorial Reverté S. A. 1989.
- Wasaykw y Snyder. Motor de Gasolina de Cuatro Tiempos, operación, prueba y evaluación. Primera edición. México. Editorial Limusa. 1989.

## ANEXO 1

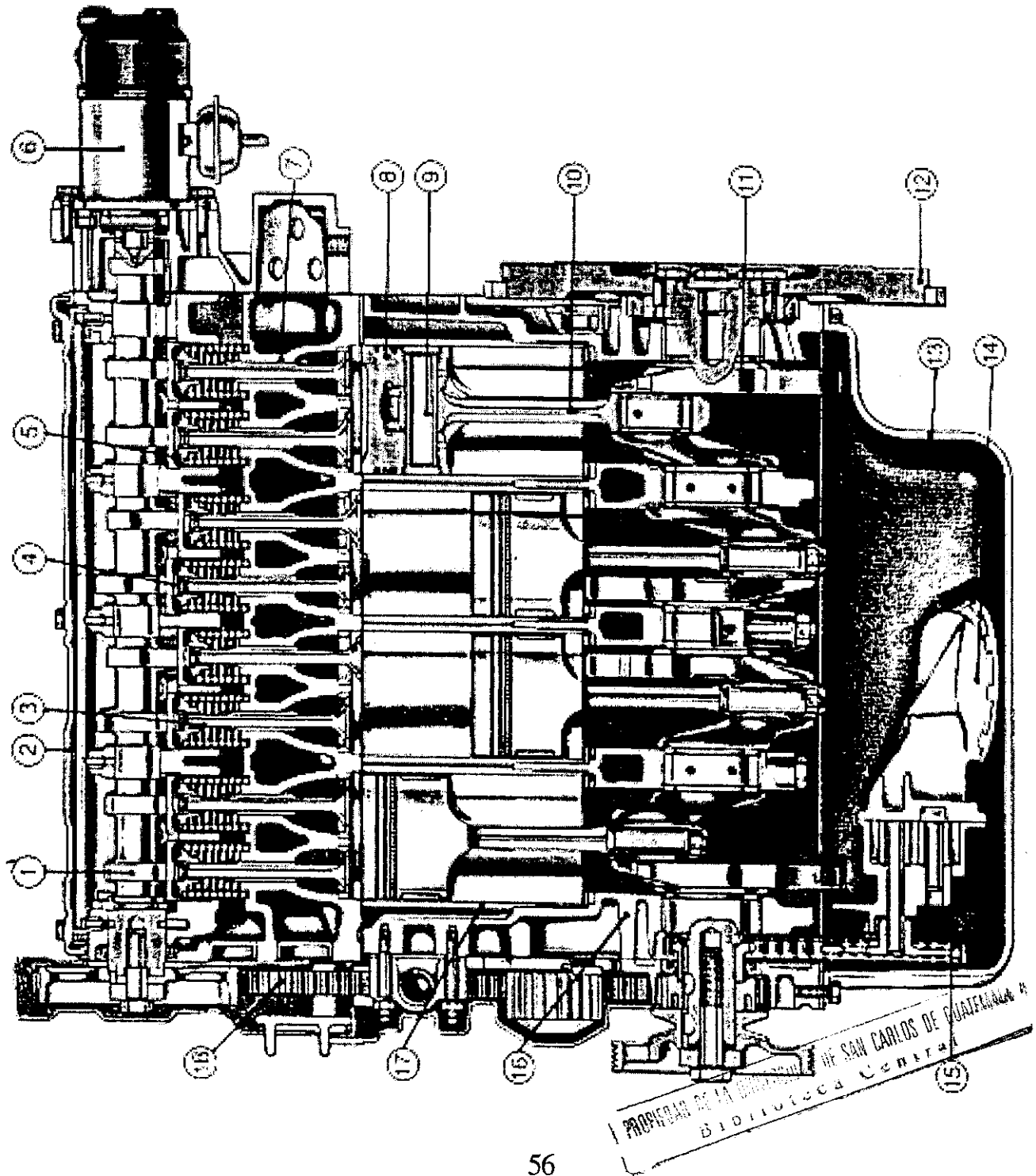
### EQUIVALENTES UTILES

1 kg=	2.2046 lb.masa
1 N =	0.2248 lb.fuerza
1 N.m=	0.7376 lb.pie
1 Kpa=	0.1450 lb.pulg <sup>2</sup>
1 hp=	33,000 pie.lb/min
1 KW=	1,000 N/M/S
1 KW=	1.341 HP

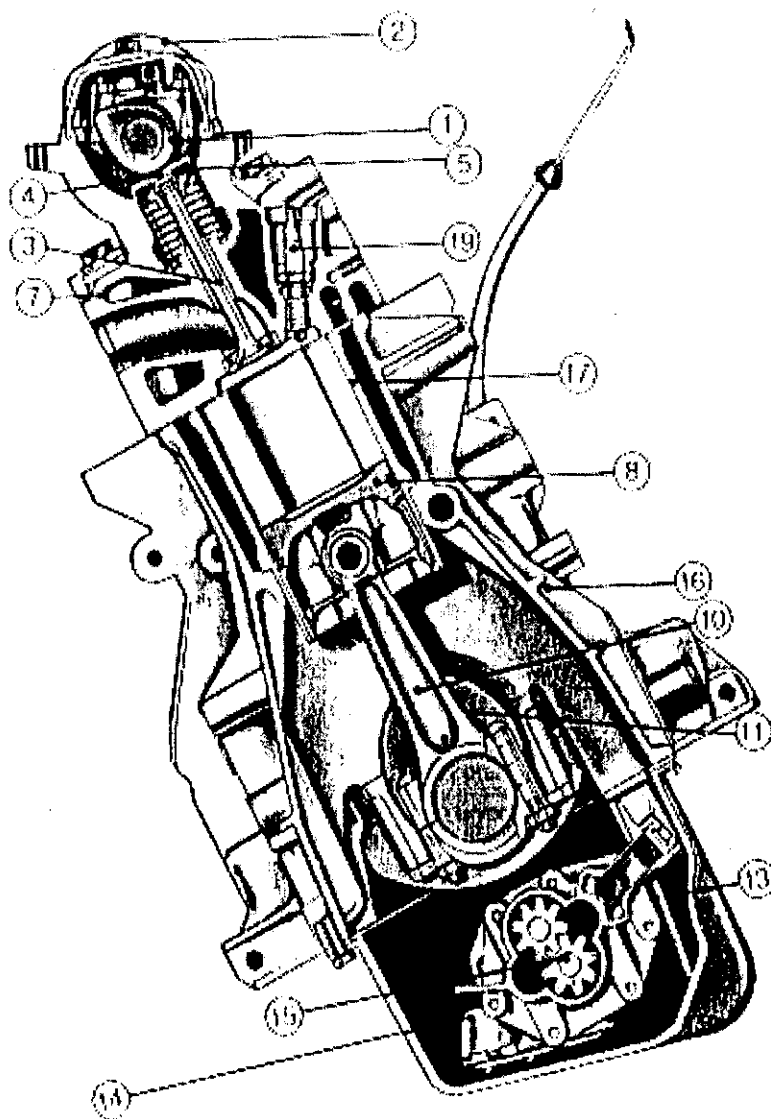
## ANEXO 2

- FIGURA 1 Nomenclatura lateral del motor
- FIGURA 2 Nomenclatura frontal del motor
- FIGURA 3 Dinamómetro en corte
- FIGURA 4 Nomenclatura del dinamómetro
- FIGURA 5 Nomenclatura del sistema motor/dinamómetro

FIGURA 1  
NOMENCLATURA LATERAL DEL MOTOR



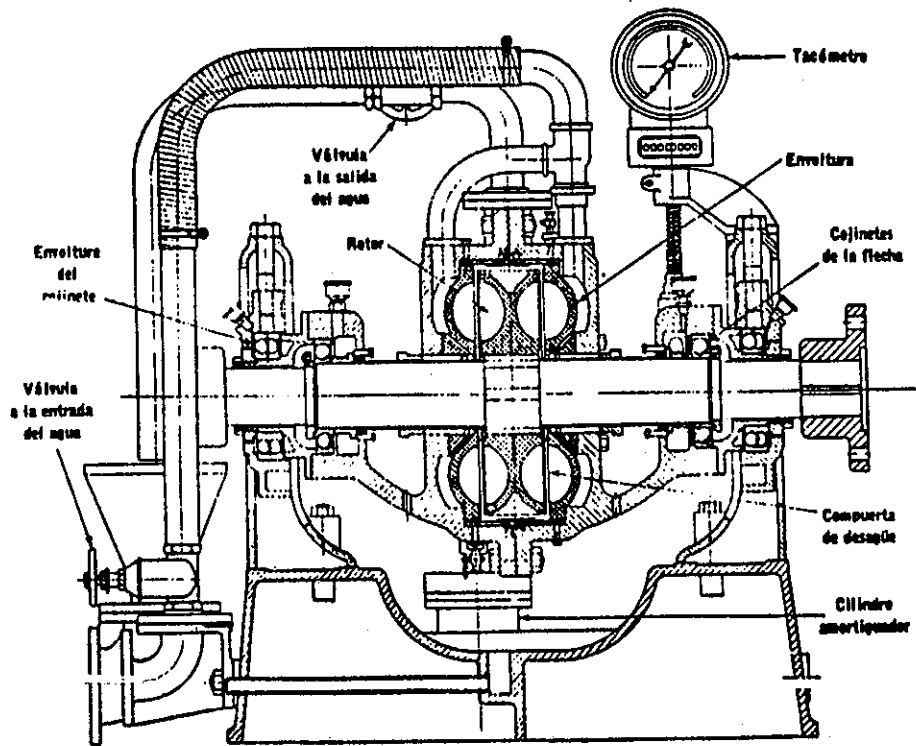
**FIGURA 2**  
**NOMENCLATURA FRONTAL DEL MOTOR**



- 1 Arbo. levas
- 2 Cubre-rolata
- 3 Válvula
- 4 Pastilla de regulación
- 5 Frenapalan
- 6 Distribuidor encendido
- 7 Culata
- 8 Pistón
- 9 Fije pistón
- 10 Biela
- 11 Cigüeñal
- 12 Volante motor
- 13 Carter
- 14 Tamiz aspirador
- 15 Dentón aceite
- 16 Bisque motor
- 17 Curoto
- 18 Correa dentada
- 19 Uero

# FIGURA 3

## DINAMOMETRO EN CORTE



Sección transversal por la cubierta de un dinamómetro Froude  
(Cortesía de Heenan-Froude Ltd.)

# FIGURA 4

## NOMENCLATURA DEL DINAMÓMETRO

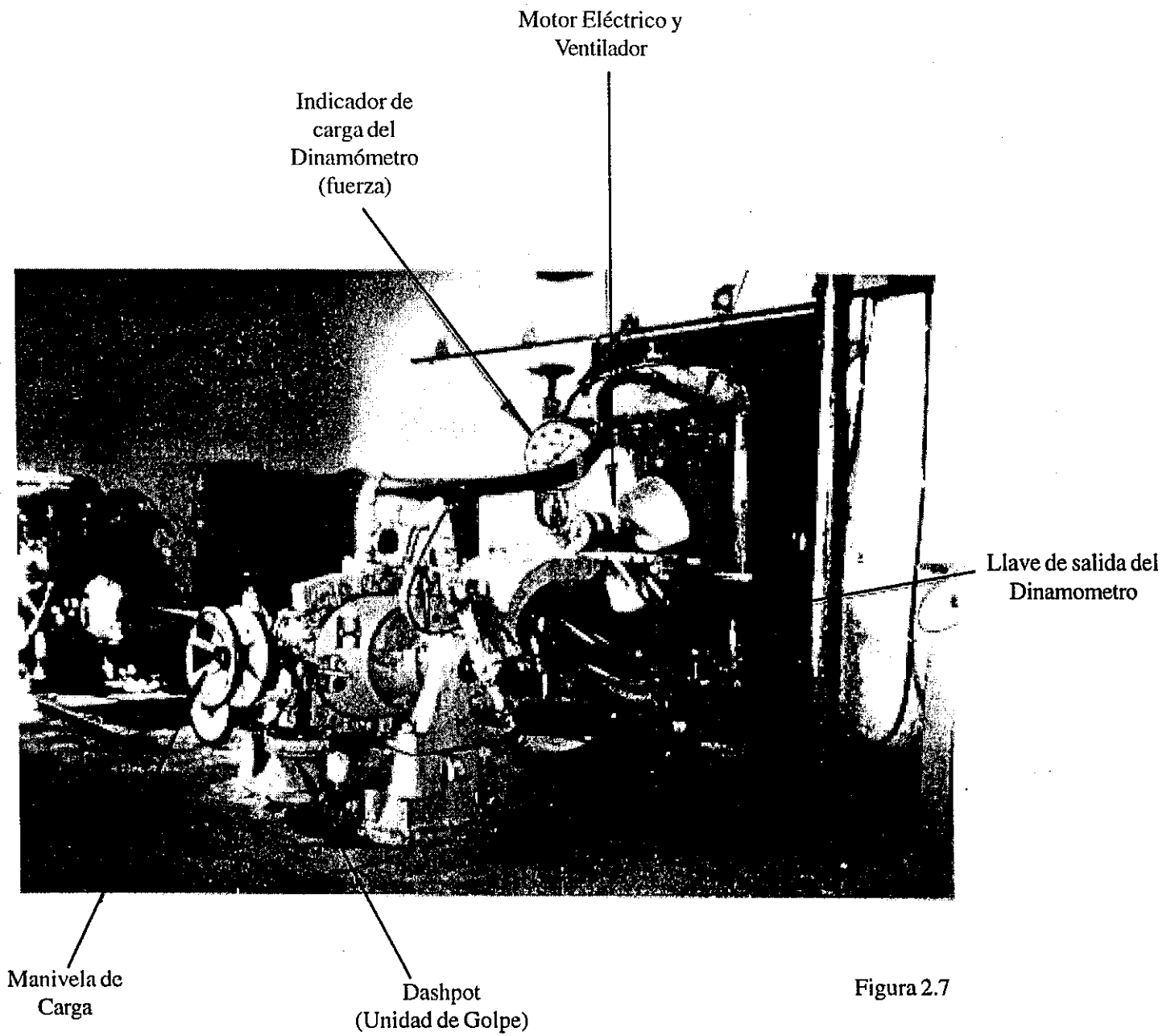


FIGURA 5

NOMENCLATURA DEL SISTEMA MOTOR-DINAMÓMETRO

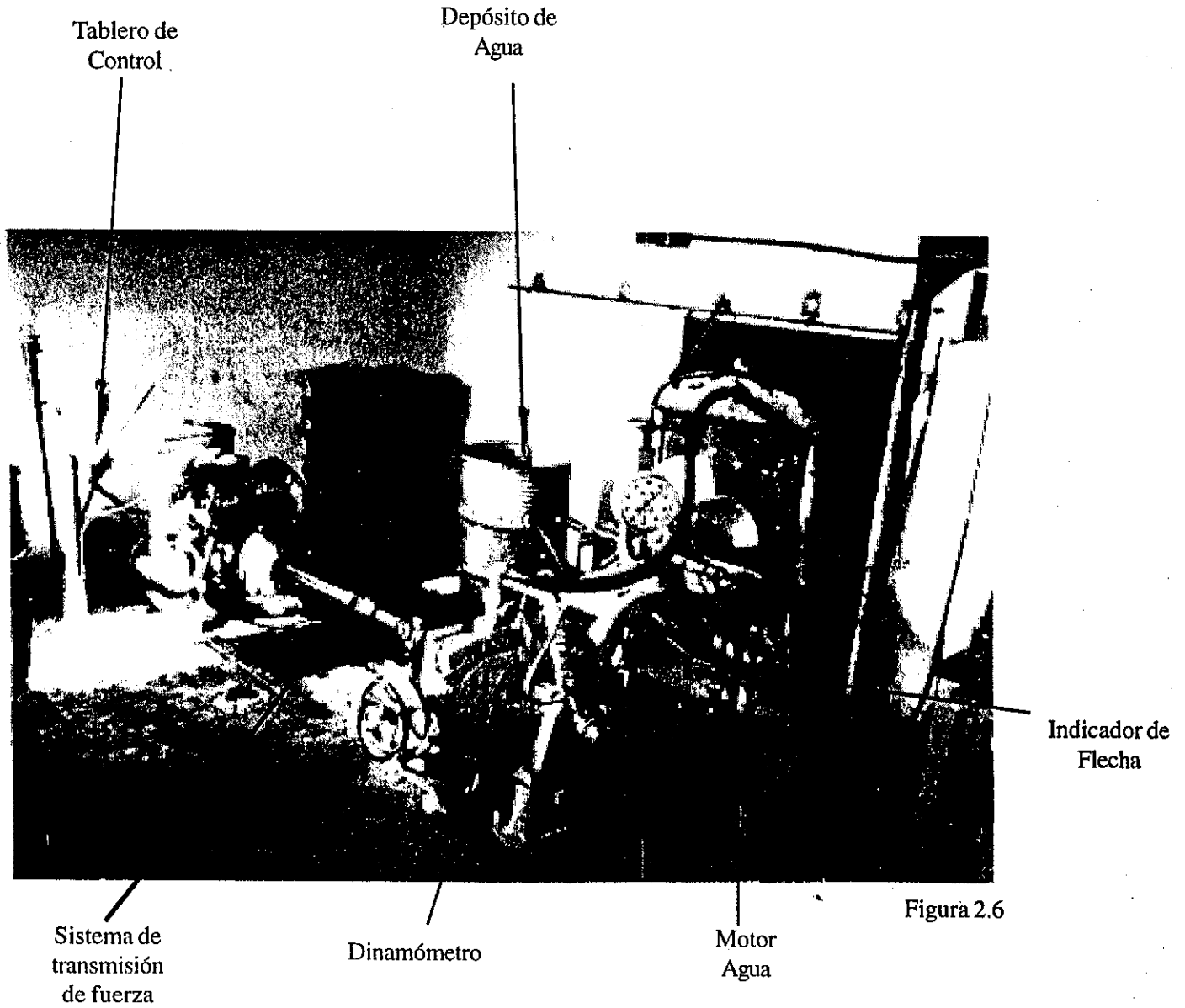


Figura 2.6

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN AERONÁUTICA  
CENTRAL



ANEXO 3

TABLA 1

TABLA 2

TABLA 3

TABLA 4

TABLA 5

TABLA 6

TABLA 7

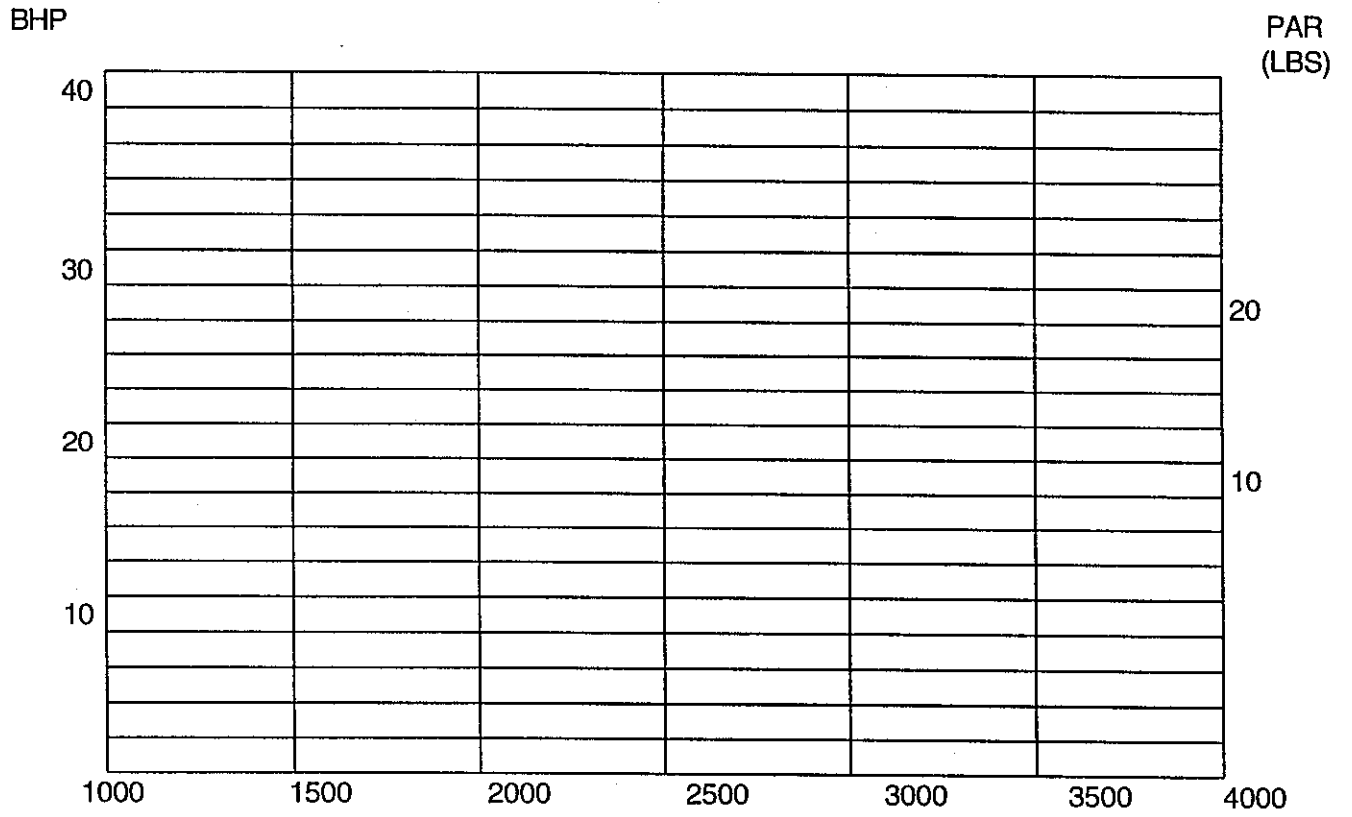
TABLA 8

**TABLA 1**  
**TABLA DE DATOS DE RPM, PAR, BHP**

Fecha:  
Motor:  
Serie:  
Cilindraje:  
Tipo de combustible:  
Presión atmosférica:  
Temperatura y presión de aire de admisión:  
Temperatura de gases de escape:  
Alternador:  
Bomba de agua:  
Bomba de gasolina:  
Filtro de gasolina:  
Escape:  
Silenciador:  
Filtro de aire:  
Calibración de válvulas:  
Calibración de platinos:  
Tiempo de encendido:  
Observaciones:

RPM	PAR	POTENCIA (BHP)
4000		
3500		
3000		
2500		
2000		
1500		
1000		

**TABLA 2**  
**TABLA DE REGISTRO DE BHP, CARGA, RPM**



**TABLA 3**  
**TABLAS PARA OBTENCION DE CURVAS DE PAR Y DE POTENCIA**

Fecha:  
 Motor: Toyota  
 Serie: 22R-U  
 Cilindraje: 2200 cc  
 Tipo de combustible: Gasolina  
 Presión atmosférica: 636.8 mm  
 Temperatura y presión de aire de admisión:  
 Temperatura de gases de escape:  
 Alternador: sí  
 Bomba de agua: sí  
 Bomba de gasolina: sí  
 Filtro de gasolina: sí  
 Escape: sí  
 Silenciador: sí  
 Filtro de aire: sí  
 Calibración de válvulas: 10 mm  
 Calibración de platinos: 18 mm  
 Tiempo de encendido: 7 A. P. M. S.  
 Observaciones:

Condiciones normales. 7 Grados antes de 1 P.M.S.

Tabulación de datos de laboratorio.

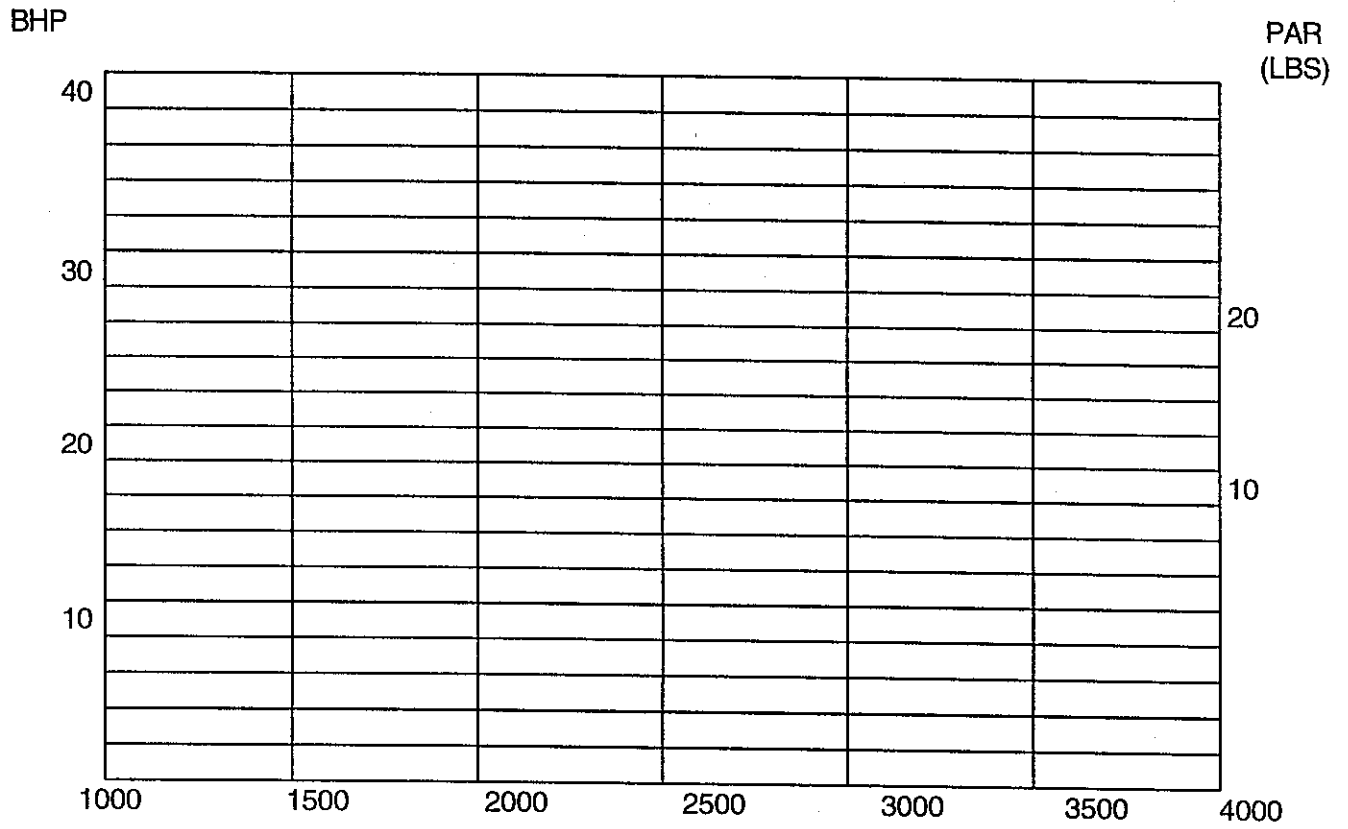
RPM	PAR	POTENCIA
3000	34	42.5
2500	32	33.33
2000	33.5	27.91
1500	32	20
1000	30.5	12.70

**TABLA 4**  
**TABLA DE CARGA Y BHP PARA DIFERENTES PORCENTAJES**  
**DE ACELERACION DEL MOTOR**

Fecha:  
 Motor:  
 Serie:  
 Cilindraje:  
 Tipo de combustible:  
 Presión atmosférica:  
 Temperatura y presión de aire de admisión:  
 Temperatura de gases de escape:  
 Alternador:  
 Bomba de agua:  
 Bomba de gasolina:  
 Filtro de gasolina:  
 Escape:  
 Silenciador:  
 Filtro de aire:  
 Calibración de válvulas:  
 Calibración de platinos:  
 Tiempo de encendido:  
 Observaciones:

ACELERADOR	PAR (lbs)	POTENCIA (BHP)
30%		
40%		
50%		
60%		
70%		
80%		
90%		
100%		

**TABLA 5**  
**TABLA PARA GRAFICO DE BHP Y PAR DE ROTACION**



**TABLA 6**  
**TABLA DE DATOS DE PAR Y DE POTENCIA**

Fecha: 20/5/93  
 Motor: Toyota  
 Serie: 22R-U  
 Cilindraje: 2200 cc  
 Tipo de combustible: Gasolina  
 Presión atmosférica: 636.8 mm  
 Temperatura y presión de aire de admisión:  
 Temperatura de gases de escape:  
 Alternador: sí  
 Bomba de agua: sí  
 Bomba de gasolina: sí  
 Filtro de gasolina: sí  
 Escape: sí  
 Silenciador: sí  
 Filtro de aire: sí  
 Calibración de válvulas: 10 mm  
 Calibración de platinos: 18 mm  
 Tiempo de encendido: 7 A. P. M. S.  
 Observaciones:

Condiciones normales 7 Grados A.P.M.S.

Tabulación de datos de laboratorio  
 RPM = 2000

ACELERADOR	PAR (lbs)	POTENCIA (BHP)
30%	11	9.16
40%	17	14.166
50%	24.5	20.41
60%	29.5	24.58
70%	32	26.66
80%	33	27.5
90%	34	28.33
100%	32	26.66

**TABLA 7**  
**TABLA DE DATOS DE RPM, PAR Y POTENCIA**

Fecha: 20/5/93  
 Motor: Toyota  
 Serie: 22R-U  
 Cilindraje: 2200 cc  
 Tipo de combustible: Gasolina  
 Presión atmosférica: 636.8 mm  
 Temperatura y presión de aire de admisión:  
 Temperatura de gases de escape:  
 Alternador: sí  
 Bomba de agua: sí  
 Bomba de gasolina: sí  
 Filtro de gasolina: sí  
 Escape: sí  
 Silenciador: sí  
 Filtro de aire: sí  
 Calibración de válvulas: 10 mm  
 Calibración de platinos: 18 mm  
 Tiempo de encendido: 0°  
 Observaciones:

Atrasado el tiempo de encendido 7 grados.

Motor trabaja a 0 grados en el PMS.

Tabulación de datos de laboratorio.

RPM	PAR	POTENCIA
3000	30.5	38.125
2500	26.5	27.604
2000	27	22.5
1500	26	16.25
1000	15	6.25



**TABLA 8**  
**TABLA DE DATOS DE PORCENTAJE DE ACELERACION**  
**DEL MOTOR VERSUS BHP**

Fecha: 20/5/93  
 Motor: Toyota  
 Serie: 22R-U  
 Cilindraje: 2200 cc  
 Tipo de combustible: Gasolina  
 Presión atmosférica: 636.8 mm  
 Temperatura y presión de aire de admisión:  
 Temperatura de gases de escape:  
 Alternador: sí  
 Bomba de agua: sí  
 Bomba de gasolina: sí  
 Filtro de gasolina: sí  
 Escape: sí  
 Silenciador: sí  
 Filtro de aire: sí  
 Calibración de válvulas: 10 mm  
 Calibración de platinos: 18 mm  
 Tiempo de encendido: 0°  
 Observaciones:

Atrasando el tiempo de encendido 7 grados.

Motor trabaja a 0 grados en el PMS.

Tabulación de datos de laboratorio.

RPM = 2000

ACELERADOR	PAR	POTENCIA
30%	11	9.16
40%	11.5	9.58
50%	16.5	13.75
60%	20	16.66
70%	24.5	20.41
80%	27	22.5
90%	28	23.33
100%	28	23.333

**ANEXO 4**

GRAFICA 1

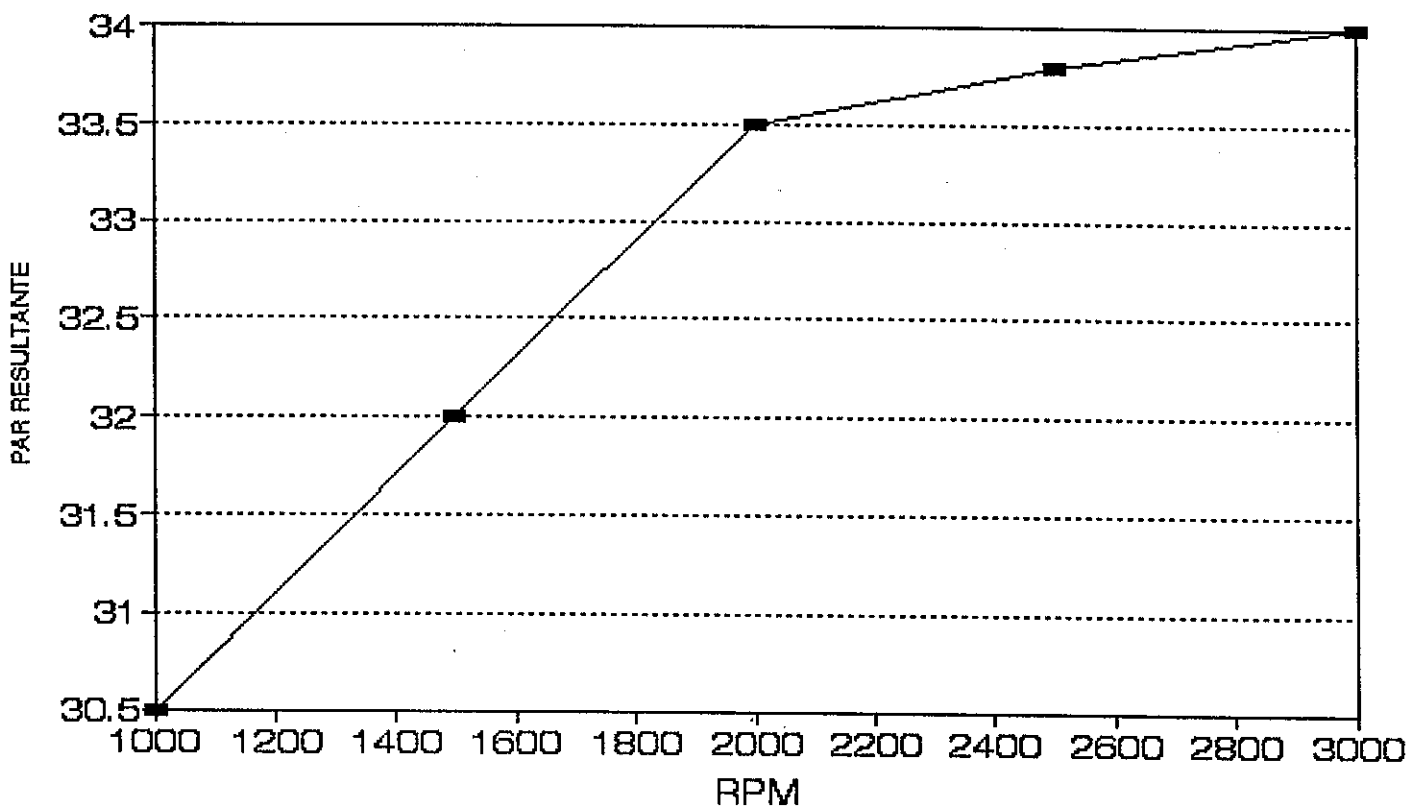
GRAFICA 2

GRAFICA 3

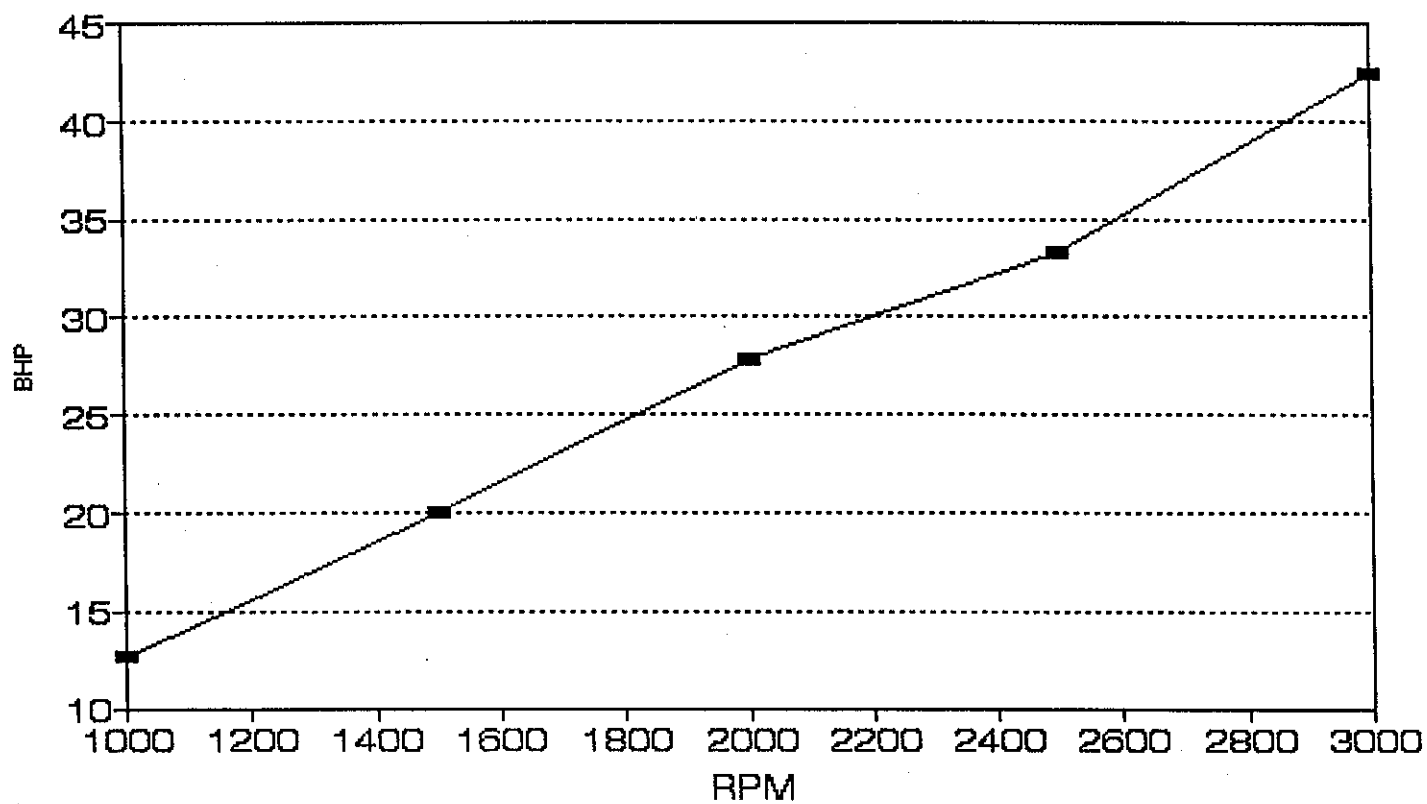
GRAFICA 4

GRAFICA 5

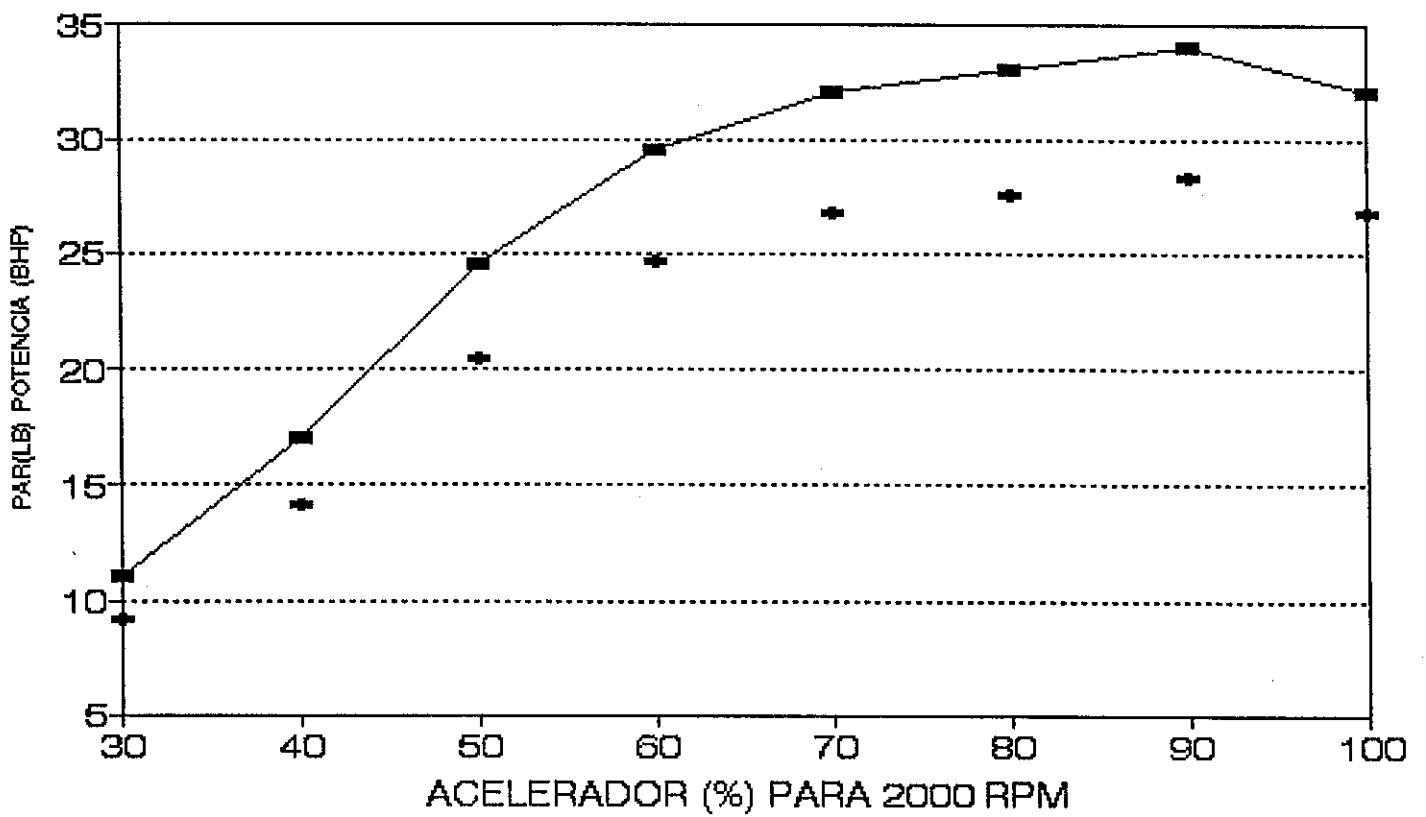
**GRAFICA 1**  
**GRAFICA DE RPM VERSUS PAR RESULTANTE**



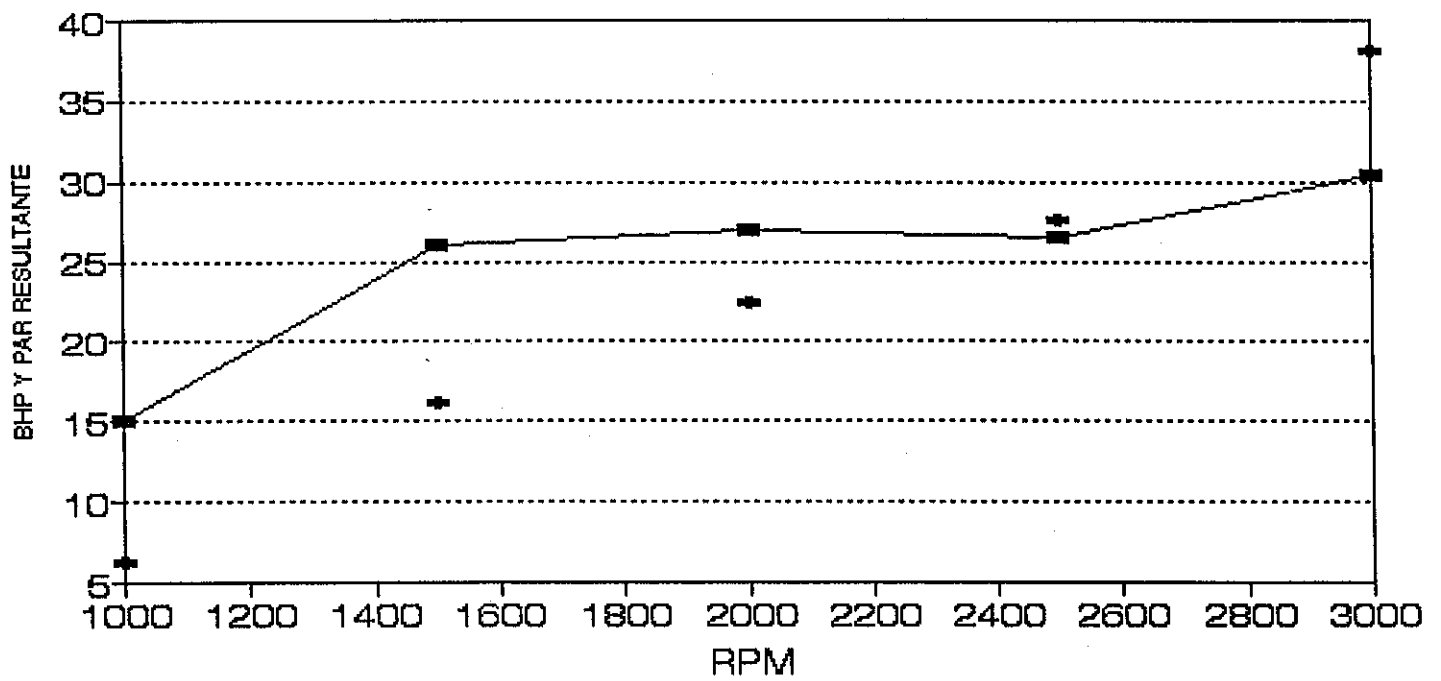
GRAFICA 2  
GRAFICA DE RPM VERSUS BHP



GRAFICA 3  
GRAFICA DE ACELERACION VERSUS PAR Y BHP

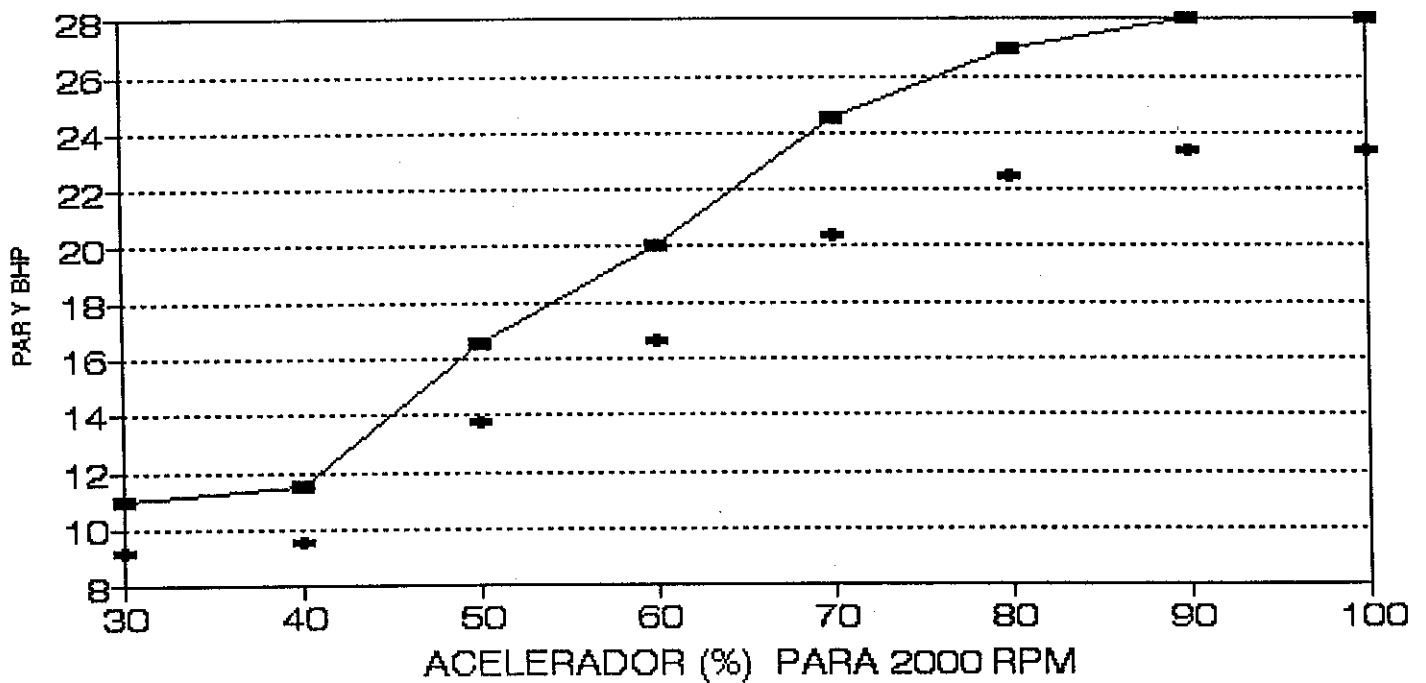


GRAFICA 4  
GRAFICA DE RPM VERSUS PAR Y BHP



—■— RPM VRS PAR      + RPM VRS POTENCIA

**GRAFICA 5**  
**GRAFICA DE ACELERACION VRS PAR Y BHP**



—■— ACELERADOR VRS PAR    +    ACELERADOR VRS BHP