

RECONSTRUCCION DEL BANCO DE PRUEBA PARA UN MOTOR DE  
COMBUSTION INTERNA DE ENCENDIDO POR CHISPA

BRAULIO BALLESTAS BOSSA

KELLY ESCOBAR MERIÑO

Director  
ORLANDO CONTRERAS COTERA  
Ingeniero Mecánico

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.

1999

RECONSTRUCCION DEL BANCO DE PRUEBA PARA UN MOTOR DE  
COMBUSTION INTERNA DE ENCENDIDO POR CHISPA

BRAULIO BALLESTAS BOSSA

KELLY ESCOBAR MERIÑO

Proyecto del trabajo de grado  
presentado como requisito parcial para optar  
el título de ingenieros mecánicos

Director  
ORLANDO CONTRERAS COTERA  
Ingeniero Mecánico

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.  
1999

## DEDICATORIA

A DIOS porque le debo lo que soy y lo que tengo.

A mi papá, por brindarme el regalo más precioso que existe en la vida, mis estudios.  
Gracias por darme ésta oportunidad y creer en mí.

A mi mamá y hermana porque con su amor y confianza siempre estuvieron a mi lado dándome ánimo y fortaleza en los momentos que más necesitaba.

A mi novio porque siempre estuvo a mi lado en el transcurso de toda mi carrera brindándome apoyo y colaboración.

A todas las personas que de una u otra forma intervinieron para la realización de esta gran meta.

KELLY ESCOBAR MERIÑO

## DEDICATORIA

A DIOS, por darme lo que hoy soy.

A mi mamá, por brindarme su apoyo y con sus esfuerzos contribuir en el logro de esta meta.

A mi papá, por haber confiado en mí y darme la oportunidad de ser alguien en la vida.

A mis hermanos que siempre me apoyaron y me animaron en momentos difíciles de la carrera.

A mis demás familiares, por comprender los momentos de ausencia, en especial a mi tío por ser un pilar de este gran éxito.

BRAULIO BALLESTAS BOSSA

## AGRADECIMIENTO

Los autores expresan sus agradecimientos:

Al Sr. Edgar Escobar, jefe de laboratorio de Resistencia.

Al Sr. Carlos Cuadro, jefe de taller de Maquinas Herramientas.

Al Ingeniero Edgardo Escobar O, representante legal de GNC Cartagena, por su valiosa colaboración.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron y nos apoyaron para la realización del presente trabajo.

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena de Indias, Septiembre de 1999.

## LISTA DE FIGURAS

		pag
FIGURA 1	Partes del carburador	6
FIGURA 2	Carburador de difusor fijo	9
FIGURA 3	Carburador de difusor variable	9
FIGURA 4	Bomba mecánica de gasolina	11
FIGURA 5	Bomba eléctrica de gasolina	11
FIGURA 6	Cilindro de almacenamiento de gas	13
FIGURA 7	Válvula de accionamiento manual	14
FIGURA 8	Reductor primario de presión	15
FIGURA 9	Válvula manual de cierre	16
FIGURA 10	Válvula de llenado	16
FIGURA 11	Control de flujo	17
FIGURA 12	Regulador ajustable de presión	18
FIGURA 13	Mezclador	19
FIGURA 14	Electroválvula de gasolina	20
FIGURA 15	Conjunto indicador de nivel	21
FIGURA 16	Selector de combustible	22
FIGURA 17	Esquema del Kit de conversión	24
FIGURA 18	Filtro de Aire	25

FIGURA 19	Colector de admisión	26
FIGURA 20	Sistema de escape	27
FIGURA 21	Sistema de lubricación	30
FIGURA 22	Tipos fundamentales de bomba	35
FIGURA 23	Funcionamiento del filtro	37
FIGURA 24	Circulación de aceite	37
FIGURA 25	Sistema de refrigeración	40
FIGURA 26	Circulación del agua por termosifón	41
FIGURA 27	Sistema de encendido	45
FIGURA 28	Freno de disco	49
FIGURA 29	Conformación interna del freno	49
FIGURA 30	Sistema de medición de flujo de aire	62



## LISTA DE GRAFICAS

		pag
GRAFICA	1 Gr Vs RPM cuando se trabaja el motor con gasolina	89
GRAFICA	2 Gr Vs RPM cuando se trabaja el motor con gas natural	89
GRAFICA	3 Nv Vs RPM cuando se trabaja el motor con gasolina	90
GRAFICA	4 Nv Vs RPM cuando se trabaja el motor con gas natural	90
GRAFICA	5 Consumo de gasolina (Bg Vs RPM)	91
GRAFICA	6 Torque Vs RPM cuando se trabaja el motor con gasolina	91
GRAFICA	7 BHP Vs RPM cuando se trabaja el motor con gasolina	92
GRAFICA	8 Consumo de gas natural (Bgn) Vs RPM	92
GRAFICA	9 Torque Vs RPM cuando se trabaja el motor con gas natural	93
GRAFICA	10 BHP Vs RPM cuando se trabaja el motor con gas natural	93
GRAFICA	11 Ciclo Otto para gasolina	95
GRAFICA	12 Ciclo Otto para gas natural	96

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1 Cilindrada del motor Vs presión recomendada	23
TABLA 2 Datos utilizados con gasolina	87
TABLA 3 Datos utilizados con gas natural	88

Cartagena, 3 de Septiembre de 1999

Señores

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR

Atn : Ing. Justo Ramos

Decano Facultad de Ingeniería Mecánica

Cartagena

Estimado ingeniero:

Con la presente nos permitimos entregar a ustedes para revisión y aprobación de nuestro proyecto de grado “RECONSTRUCCION DEL BANCO DE PRUEBA PARA UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA DE ENCENDIDO POR CHISPA”.

Atentamente,

BRAULIO BALLESTAS B.

KELLY ESCOBAR M.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCION	1
1. DESCRIPCION DEL EQUIPO	3
1.1. CARACTERISTICAS DEL MOTOR	3
1.2. SISTEMA DE ALIMENTACION Y ESCAPE	4
1.2.1. Sistema de carburación	4
1.2.2. Suministro de gasolina	7
1.2.3. Suministro de G.N.C.	12
1.2.3.1. Cilindro de almacenamiento para gas natural	12
1.2.3.2. Válvula de corte para cilindro	13
1.2.3.3. Tubería de alta presión	14
1.2.3.4. Conjunto del reductor de alta presión	15
1.2.3.4.1. Reductor primario de presión	15
1.2.3.4.2. Válvula manual de cierre	15
1.2.3.4.3. Válvula de llenado	16
1.2.3.5. Conjunto del reductor de baja presión	17
1.2.3.5.1. Control de flujo	17
1.2.3.5.2. Regulador ajustable de presión	17
1.2.3.6. Dosificador (mezclador)	18

1.2.3.7. Accesorios	19
1.2.3.7.1. Electroválvula de gasolina	20
1.2.3.7.2. Electroválvula de gas	20
1.2.3.7.3. Electroválvula de alimentación de vacío	20
1.2.3.7.4. Conjunto indicador de nivel	21
1.2.3.7.5. Selector de combustible	21
1.2.3.7.6. Dispositivo electrónico de avance de chispa	22
1.2.3.8. Instalación del Kit de conversión	22
1.2.4. Filtro de aire	25
1.2.5. Colector de admisión	26
1.2.6. Colector de escape	26
1.3. SISTEMA DE LUBRICACION	28
1.3.1. Finalidades del sistema de lubricación	31
1.3.2. Características de los lubricantes	31
1.3.2.1. Viscosidad	32
1.3.2.2. Punto de inflamación	32
1.3.2.3. Punto de fluidez	33
1.3.2.4. Resistencia a la oxidación	33
1.3.2.5. Demulsibilidad	33
1.3.3. Bomba de aceite	34
1.3.4. Filtrado de aceite	36
1.4. SISTEMA DE REFRIGERACION	38
1.4.1. Partes fundamentales del sistema de refrigeración	41

1.5.	SISTEMA DE ENCENDIDO	43
1.5.1.	Distribuidor	46
1.5.2.	El ruptor	46
1.5.3.	La bobina	47
1.6.	SISTEMA DE MEDICION DE POTENCIA	47
1.6.1.	Partes el sistema de medición de potencia	50
1.6.2.	Selección del sistema de medición	51
1.7.	GRAFICADOR DEL CICLO OTTO	54
2.	MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO	55
2.1.	REVISIÓN PREOPERATORIA	55
2.1.1.	Funcionamiento preoperacional con gasolina	56
2.1.2.	Funcionamiento preoperacional con gas natural	56
2.2.	ARRANQUE DEL MOTOR	56
2.2.1.	Arranque del motor utilizando gasolina	56
2.2.2.	Arranque del motor utilizando gas natural	57
2.2.3.	Cambio de combustible	57
2.2.3.1.	De gasolina a gas natural	57
2.2.3.2.	De gas natural a gasolina	58
2.2.4.	Paro del motor	58
2.2.5.	Medición de potencia	58
2.2.6.	Operación del graficador del ciclo otto	59
3.	DISEÑO TEORICO DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO	60
3.1.	EXPERIMENTO PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AIRE	60

3.1.1. Objetivos	60
3.1.2. Equipos utilizados	60
3.1.3. Descripción	61
3.1.4. Procedimiento	63
3.1.5. Preguntas	65
3.2. EXPERIMENTO DE LABORATORIO UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE GASOLINA	66
3.2.1. Objetivos	66
3.2.2. Equipos utilizados	66
3.2.3. Procedimiento	67
3.2.4. Preguntas	72
3.3. EXPERIMENTO DE LABORATORIO UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE GAS NATURAL	73
3.3.1. Objetivos	73
3.3.2. Equipos utilizados	73
3.3.3. Procedimiento	74
3.3.4. Preguntas.	75
3.4. EXPERIMENTO DE LABORATORIO PARA GRAFICAR EL CICLO OTTO	76
3.4.1. Objetivos	76
3.4.2. Equipos utilizados	76
3.4.3. Procedimientos	76
3.4.4. Preguntas	77

4.	CALCULO DE LOS LABORATORIOS Y CONCLUSIONES	78
4.1.	CALCULO DEL CONSUMO DE AIRE	78
4.2.	CALCULO DEL CONSUMO DE GASOLINA	80
4.3.	CALCULO DEL CONSUMO DE GAS NATURAL	81
4.4.	CALCULO DE LA POTENCIA AL FRENO	82
4.5.	CALCULO POTENCIA INDICADA	85
4.6.	POTENCIA DE FRICCION	86
4.7.	GRAFICAS DEL DIAGRAMA INDICADO	94
5.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DEL GAS NATURAL CON RESPECTO A LA GASOLINA	97
5.1.	VENTAJAS	97
5.2.	DESVENTAJAS	99
6.	CONCLUSIONES	100
7.	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFIA	103



## **RESUMEN ANALITICO**

RECONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBA PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE ENCENDIDO POR CHISPA.

### **AUTORES**

ESCOBAR MERIÑO Kelly – BALLESTAS BOSSA Braulio

Fecha de terminación: Abril 1999-04-22

### **DESCRIPCION**

Reconstruir el Banco de prueba de un motor de combustión interna para el estudio y desarrollo de la asignatura, para poder llevar a cabo practicas sobre el desempeño de la maquina de acuerdo con sus características propias, complementando con la guía para efectuar los experimentos los cuales serán hechos por los estudiantes.

### **METODOLOGIA**

Es una investigación de tipo experimental. Se efectuó a partir de la reconstrucción de un Banco que cumpliera con los parámetros establecidos partiendo desde la investigación hasta llegar a la solución del problema.

### **RESULTADO**

Durante muchos años, el desarrollo de las practicas de laboratorio de maquinas de combustión interna en la CUTB, ha sido limitada debido a que la institución no posee un laboratorio adecuado para el desarrollo de las mismas. Teniendo en cuenta este problema, se realizó este proyecto con el fin de mejorar el estado actual del laboratorio de maquinas de combustión interna, contribuyendo de esta forma con el estudiantado de la universidad.

El proyecto consta de la reconstrucción del banco de prueba de un motor de combustión interna el cual será utilizado para medir los parámetros de funcionamiento, trabajando este con gasolina y gas natural. En este banco, se podrá medir el torque de frenado producido por el motor, medir consumos de combustibles y aire, calcular las potencias al freno potencia indicada y potencia de fricción y las diferentes eficiencia de maquina.

La reconstrucción se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Se cambio el motor existente por encontrarse en mal estado.
- Se selecciono según diseño previo un freno de disco adaptado para medir el torque del motor y calcular la potencia al freno.
- Se adecuaron los instrumentos de mediciones del banco.
- Se identificaron de forma didáctica cada una de las partes del banco.

## INTRODUCCION

El perfeccionamiento tecnológico de los motores de combustión interna utilizados en los automóviles, embarcaciones y plantas industriales, ha permitido desarrollar las potencias disminuyendo el consumo de combustible e implementando equipos o combustibles que economicen el funcionamiento del motor.

**Esto nos exige ser facilitadores del avance tecnológico desarrollando proyectos que estudien los parámetros de funcionamiento de los motores de combustión interna de encendido por chispa e implementar cambios consecuentes con el desarrollo científico.**

**El presente trabajo consiste en la reconstrucción del banco de prueba para un motor de combustión interna de encendido por chispa; nos permitirá desarrollar experiencias que ayudaran al estudiante a entender los principios de operación del motor, además permitirá probar y evaluar el mismo.**

**Se realizarán ensayos para obtener las diferentes eficiencias térmicas y de máquinas, calcular rendimiento volumétrico, analizar el comportamiento de las presiones de combustión en el cilindro, medir la potencia al freno, potencia de fricción y potencia indicada.**

**La optimización de los motores conlleva a que se exija cada vez mas las condiciones necesarias de seguridad, eficiencia, contaminación y economía, por esta razón los ensayos serán comparativo utilizando como combustible Gasolina y Gas Natural Comprimido (G.N.C.).**

## **1. DESCRIPCION DEL EQUIPO**

### **1.1. CARACTERISTICAS DEL MOTOR**

El motor utilizado en este proyecto se identifica de acuerdo a la nomenclatura perteneciente a un Dodge 1.500 modelo 76 y cuyas especificaciones se detallan a continuación.

- **Motor de cuatro (4) tiempos**
- **Encendido por bobina**
- **Lubricación por bombeo**
- **Refrigeración hidrodinámica**
- **Orden de encendido: 1-3-4-2**
- **Tiempo de encendido: 3° de adelanto**
- **Desplazamiento: 1.500 cc**
- **Compresión: 120 psi**
- **Carrera del pistón: 6,3 cm**
- **Area del pistón: 59,5 cm<sup>2</sup> aprox.**
- **Rotación del cigüeñal (visto desde el volante): izquierda**
- **Calibración válvula de admisión: 0.010 pulgadas en frío**

- **Calibración válvula de escape: 0.009 pulgadas en frío**
- **Calibración de bujías: 0.03 mm**
- **Capacidad del cárter: 1 galón**

## **1.2. SISTEMA DE ALIMENTACION Y ESCAPE**

**1.2.1. Sistema de carburación.** La misión de este sistema consiste en mezclar una determinada cantidad de combustible con otra de aire, y suministrar una proporción adecuada de esta mezcla vaporizada a cada cilindro para su combustión.

El proceso completo de carburación, comienza en el momento en que se realiza la mezcla de combustible con el aire, y termina cuando esta mezcla comienza a quemarse en los cilindros. De éste modo en la carburación intervienen el carburador, el colector de admisión, las válvulas de admisión e incluso las cámaras de combustión y los pistones.

- **Principio de la carburación.** El vacío parcial que se crea en los cilindros cuando los pistones descienden en el tiempo de admisión, absorbe aire a la cámara de combustión. Este aire atraviesa el carburador; la cantidad que pasa está limitada por una aleta basculante llamada regulador de mariposa (Figura 1), cuya apertura y cierre esta controlada desde el pedal del acelerador.

**El carburador tiene la misión de aportar a la corriente de aire una determinada cantidad de combustible, para que después llegue a las cámaras de combustión una mezcla de riqueza adecuada.**

**El combustible se incorpora a la corriente de aire a nivel de un estrechamiento llamado vénturi o difusor, cuyo funcionamiento esta basado en el principio el cual la presión de la corriente de aire disminuye conforme aumenta su velocidad y es precisamente en esta región de bajas presiones donde se absorbe el combustible.**

**El caudal de aire será máximo cuando el motor funcione a muchas revoluciones con el regulador de mariposa totalmente abierto; cuanto mayor sea la velocidad de la corriente de aire que pasa por el difusor, mayor será la absorción de combustible.**

**En la practica, un carburador no resultará satisfactorio ya que el aire y el combustible no tienen las mismas propiedades de flujo. Al aumentar la velocidad del aire, este pierde su densidad; la densidad del combustible es relativamente más estable, cualquiera que sea la velocidad de flujo. Como el aire y el combustible deben mezclarse en relación con su peso para que la combustión sea eficaz, la mezcla se enriquecería progresivamente al aumentar el flujo de aire y disminuir su densidad. Llegaría un momento en que la mezcla sea demasiado rica.**

### **Figura 1. Partes del carburador.**

**1.2.2. Suministro de gasolina. El combustible necesario para el funcionamiento del motor, se almacena en un deposito de donde es aspirado por la bomba de alimentación que atraves de conductos adecuados lo lleva asta la cuba de nivel etc.**

**En su concepción más sencilla, dispone de un tubo de llenado del tanque, un conducto de salida de combustible para la bomba y de esta al carburador y un orificio de puesta a la atmósfera que este a su vez puede ser el de llenado. El conducto de aspiración del combustible desemboca a corta distancia del fondo del deposito y esta provisto de una malla filtrante, no obstante suele colocarse filtros adecuados en el circuito de alimentación antes de llegar al carburador.**

**La gasolina de la cuba del carburador se mantiene a nivel constante gracias a una válvula acondicionada por un flotador. El extremo del conducto de gasolina que desemboca en el difusor, debe estar mas alto que el nivel de gasolina en la cuba, esto es para evitar la fuga de combustible si el vehículo se inclina (Figura 1). Esto significa que antes que se realice la mezcla, la gasolina ha de ser elevada un poco; en la**

practica alrededor de medio centímetro. La absorción producida por el vacío parcial eleva la gasolina.

Aparte de absorber la gasolina y el aire, el sistema de carburación debe vaporizar la gasolina, mezclarla bien con el aire y después distribuir la mezcla de manera uniforme a los cilindros. La gasolina ya se encuentra en forma de pequeñas gotas cuando entra al estrangulador: si se trata de un carburador de difusor fijo (Figura 2), las gotas habrán sido emulsionadas con la mezcla previa de gasolina y aire; si se trata de un carburador de difusor variable, las gotas han sido divididas por la velocidad del aire que circula. Cuando la mezcla pasa por la válvula de mariposa, entra en un vacío parcial creado por la succión del pistón y las gotas de gasolina empiezan a evaporarse. La velocidad de evaporación depende del vacío existente en el colector de admisión, que a su vez depende de las revoluciones del motor y de la posición de la válvula de mariposa. A gran velocidad del motor y estando la válvula de mariposa totalmente abierta, puede suceder que el vacío sea tan bajo que parte de la gasolina que se encuentra en estado líquido sea transportada así en el aire o fluya por las paredes del colector. Si se eleva la temperatura del colector con un foco calorífico calentado por los gases de escape o agua, se conseguirá una mayor evaporación de la gasolina, favoreciéndose la distribución uniforme de la mezcla.

El carburador de difusor fijo básicamente está constituido por un tubo cilíndrico, llamado colector, en cuyo interior se dispone un estrechamiento denominado difusor o vénturi, a la altura de la cual desemboca del surtidor y por debajo del surtidor esta situado la válvula de mariposa. El carburador de difusor variable recibe este nombre



**ya que el estrechamiento de aire que dispone el difusor puede ser variado en función de las necesidades del motor. Este estrechamiento esta gobernado por un pistón, cuya posición depende del grado de apertura de la mariposa del acelerador.**

**Al pisar el acelerador y abrirse la mariposa correspondiente, aumenta el paso de aire a través del vénturi y se intensifica el vacío parcial por encima del pistón. Este vacío hace que el pistón suba, con lo que aumenta aún más el flujo de aire hacia el motor. Una aguja de punta cónica unida al pistón, penetra en el surtidor de gasolina y regula el flujo de combustible. Al subir el pistón, sube también la aguja y permite un mayor paso de gasolina (Figura 3).**

Figura 2. Carburador de difusor fijo

Figura 3. Carburador de difusor variable

- Filtro de gasolina. La gasolina que entra en el deposito suele tener polvo y humedad; Para que estas impurezas no se acumulen en el carburador y obstruyen los conductos, lo que afectaría el buen funcionamiento del motor, se incorporan varios filtros en el sistema de suministro de gasolina.

En el depósito se instala un filtro de tipo basto, que impida el paso de las partículas más gruesas y gotas de agua a los conductos. Por regla general la bomba de gasolina dispone de un filtro parecido. La mayor parte de los sistemas modernos incorporan otro filtro entre la bomba de gasolina y el carburador; el carburador suele estar provisto de un filtro de malla muy fina colocada en la entrada de la cámara, para evitar que en esta entren impurezas.

- Bomba de gasolina. Es un elemento imprescindible en el sistema de alimentación, ya que el carburador suele estar en un plano más elevado que el depósito y/o alejado de él. Existen dos tipos de bombas: las mecánicas y las eléctricas.

Las bombas mecánicas (Figura 4) deben estar montadas al motor ya que es accionado por este y consisten en una cámara dividida por un diafragma; la parte superior contiene un filtro y un depósito para sedimentos y posee dos válvulas accionadas por muelles. Estas válvulas controlan el flujo de gasolina. La parte inferior contiene un muelle que regula la presión del suministro de gasolina y la palanca de mando accionada por el árbol de levas. El principio de funcionamiento de las bombas eléctricas (Figura 5) es el mismo que el de las mecánicas, con la excepción que el diafragma es accionado por un solenoide en lugar del árbol de levas.

*Figura 4. Bomba mecánica*

*Figura 5. Bomba eléctrica*

1.2.3. Suministro de G.N.C. Al igual que la gasolina, el gas natural comprimido (G.N.C.) también es almacenado en un cilindro, con la diferencia de que este se encuentra a alta presión, desde donde es transportado hasta el carburador del motor mediante un dispositivo diseñado para transportar el G.N.C. y a la vez este dispositivo disminuye la presión de tal forma que sea la indicada al entrar al carburador.

El equipo utilizado en este proyecto es un kit de conversión para gas natural comprimido referencia IMPCO CA 175-1, que consta de los siguientes elementos:

**1.2.3.1. Cilindro de almacenamiento para gas natural. Los recipientes para almacenar gas a alta presión, son cilindros de acero de alta resistencia o aluminio revestido con fibra de vidrio, con espesores de 7 a 10 mm aproximadamente, para almacenar el gas natural a una presión de 3.000 lb/pulg<sup>2</sup>.**

**El hecho de ser el gas natural un combustible que posee un poder calorífico inferior a 930 BTU/pie<sup>3</sup> genera la necesidad de comprimirlo a alta presión para poder almacenar una cantidad aceptable de energía.**

Para este proyecto se utilizó un cilindro con 1.5 m de largo y 11 pulg de diámetro, el cual fue instalado en una estructura metálica fabricada bajo estándares de anclaje para cilindros de Promigas Cartagena.

*Figura 6. Cilindro de gas*

**1.2.3.2. Válvula de corte para cilindro.** Esta válvula de accionamiento manual es instalada en los cilindros contenedores de G.N.C. a fin de actuar como llave de paso del gas existente en los cilindros con la tubería de abastecimiento al regulador. Dicha válvula consta con doble sistema de seguridad, el primero es un dispositivo de alivio de precisión del tipo combinado, disco estallador por presión de  $340 + (0 - 34)$  bar y tapón fusible para que funda a  $1.000\text{ }^{\circ}\text{C} + (0 - 4\text{ }^{\circ}\text{C})$  dicho dispositivo queda conectado a toma de venteo al exterior.

Este sistema está provisto para que ante un eventual aumento de temperatura (incendio, etc.), en la zona de cilindros, que puede hacer aumentar la presión de los mismos, este actúa antes de que dicha presión provoque riesgos de estallidos de estos puntos.

El segundo sistema es la instalación de una válvula de exceso de flujo combinado con tapón fusible, la misma actúa en caso de que un accidente produzca la rotura de la tubería en cualquier lugar de la instalación o por rotura en el cuerpo de la válvula.

El cuerpo de la válvula de accionamiento manual, es construido en bronce por sistema de forja.

Figura 7. Válvula de accionamiento manual.

**1.2.3.3. Tubería de alta presión. La tubería de alta presión esta comprendida entre el tramo que va de los cilindros de almacenamiento del gas natural hasta el equipo regulador de alta presión.**

**La tubería de alta presión empleada es de acero sin costura de diámetro interior de un cuarto de pulgada, siendo estas ensayadas a una presión de 1.000 Kg./cm (14.700 lb/pulg).**

**1.2.3.4. Conjunto del reductor de alta presión. Compuesto por tres piezas.**

1.2.3.4.1. Reductor primario de presión. Reduce la presión del gas de la existente en los cilindros (máximo 3000 lb/pulg) hasta aproximadamente 100 lb/pulg. Tiene incorporado

un circuito de calefacción para evitar el congelamiento del gas por la caída de presión que realiza.

### **Figura 8. Reductor primario de presión**

1.2.3.4.2. Válvula manual de cierre. Aísla el conjunto de los cilindros del resto del equipo; permite realizar trabajos en las líneas de presión con el sistema completamente despresurizado. Cierra manualmente a la derecha (sentido horario).

### **Figura 9. Válvula manual de cierre.**

1.2.3.4.3. Válvula de llenado. Es una válvula cheque que permite paso del surtidor a los cilindros al momento de llenado, y posterior a él, de los cilindros al resto del equipo, después de haber sido retirada la bayoneta de llenado.

### **Figura 10. Válvula de llenado**

1.2.3.5. Conjunto del reductor de baja precisión. Está compuesto por dos piezas.

1.2.3.5.1. Control de flujo. Encargado de eliminar por medio incorporado cualquier elemento extraño contenido en el gas y permite el paso del mismo al momento de recibir señal de vacío del motor.

Figura 11. Control de flujo.

1.2.3.5.2. Regulador ajustable de presión. Recibe el gas a 100 lb/pulg<sup>2</sup> y reduce su presión a 4 ó 6 pulga de agua, dependiendo de los requerimientos del motor.

**Figura 12. Regulador ajustable de presión.**

**1.2.3.6. Dosificador (mezclador). Este componente se coloca sobre la boca del carburador del motor y es donde se produce la mezcla aire-gas, el mismo consta de un difusor en forma de émbolo deslizante cuya sección es variable, siendo accionada por la propia depresión o vacío que genera el motor.**

**El consumo de gas se regula por intermedio de una aguja cónica unida al émbolo, la cual penetra en surtidor auto centrante lo que por ello es también de sección variable; por lo tanto, el émbolo regula el paso de aire al mismo tiempo que la aguja regula el paso de gas, para mantener siempre la relación de correcta mezcla, de acuerdo con la posición de la mariposa del carburador y las revoluciones y carga del motor.**

**Este sistema hace que la dosificación de la mezcla sea auto regulable, por lo que el mismo, atiende las exigentes variaciones del par resistente, cualquiera que sea el número de cilindros o cilindrada al cual haya sido adaptado, a la vez de otorgar un instantáneo arranque en cualquier condición (frío o caliente).**

Figura 13. Mezclador

1.2.3.7. Accesorios. Son una serie de componentes eléctricos que permiten el normal funcionamiento del motor con ambos combustibles, ellos son:

1.2.3.7.1. Electroválvula de gasolina. Ubicada entre la bomba de gasolina y el carburador del motor, se encarga de impedir el paso del combustible líquido cuando el motor opera con gas natural.



Figura 14. Electroválvula de gasolina.

**1.2.3.7.2. Electroválvula de gas. Envía señal de vacío del carburador al control de flujo accionado al mismo y permitiendo el paso normal de gas para el buen funcionamiento del motor.**

1.2.3.7.3. Electroválvula de alimentación de vacío. Envía señal del múltiple de admisión al mezclador de gas, eliminándose al trabajar con gasolina la restricción en la entrada de aire necesaria para el funcionamiento con gas.

**1.2.3.7.4. Conjunto indicador de nivel. Esta compuesto por un manómetro con potenciómetro ubicado en las válvulas manual de cierre. Muestra la presión existente en los tanques de almacenamiento de gas y a la vez envía señal eléctrica al indicador de nivel, ubicado en el tablero de control.**

Figura 15. Conjunto indicador de nivel.

**1.2.3.7.5. Selector de combustible.** Este interruptor esta instalado en el tablero de control para permitir la selección del combustible a utilizar bien sea sobre la marcha o con el motor apagado.

Este elemento contiene un circuito temporizado que garantiza el cierre de las válvulas cuando el motor no esta en funcionamiento, de esta manera se reducen los riesgos de fugas de gas en el sistema.

Figura 16. Selector de combustible.

**1.2.3.7.6. Dispositivo electrónico de avance de chispa.** Permite operar el motor con los adelantos de chispa, requeridos para cada combustible y exigencia de carga o régimen del motor.

1.2.3.8. Instalación del kit de conversión. Antes de iniciar cualquier conversión, es necesario determinar si el motor se encuentra en optimas condiciones mecánicas para convertirlo, lo cual de determina con una prueba de inspección donde se mide la compresión del motor y una serie de parámetros adicionales que nos permiten predecir el estado de las piezas mecánicas del motor; además se hace necesario un buen sistema de encendido del motor.

El equipo está diseñado para ser montado por esquemas completamente independientes en donde se agrupan de acuerdo a las funciones o característica esencial de funcionamiento.

Los tres componentes del sistema de alta presión: válvula de llenado, válvula manual de cierre y el reductor primario de presión, se montan en un solo paquete que conforman el sistema de reducción de alta presión.

El control de flujo y el reductor secundario de presión se conectan por medio de un racor y se instala como una sola pieza formando el sistema de reducción de baja presión. Como cuidados en su instalación se tiene: la facilidad de acceso para el llenado y para las conexiones de calefacción del reductor, los conjuntos no deben estar cerca al múltiple de escape.

Para llegar a seleccionar la presión de salida del reductor secundario de presión, debe verificarse de acuerdo a los rangos mostrados en la Tabla 1.

**TABLA 1. Cilindrada del motor Vs presión recomendada.**

<b><i>CILINDRADA DEL MOTOR</i></b>	<b><i>PRESION RECOMENDADA</i></b>
<b>1.4 a 4.0 litros</b>	<b>2.0 a 3.0 pulgadas de agua</b>
<b>4.0 a 5.2 litros</b>	<b>3.0 pulgadas de agua</b>
<b>5.2 a 5.7 litros</b>	<b>2.0 a 3.0 pulgadas de agua</b>

5.5 o más litros	5.0 pulgadas de agua
------------------	----------------------

**Figura 17. Esquema del kit de conversión.**

**1.2.4. Filtro de aire.** La entrada de aire al carburador esta protegida por un filtro, cuya misión principal consiste en evitar que el polvo y otras partículas puedan alcanzar el carburador y los cilindros.

Un motor corriente utiliza de 2.000 a 5.000 litros de aire por minutos y el filtro es de suma importancia para evitar que las partículas de polvo obstruyan el paso de aire o arañen los pistones o cilindros. El filtro de aire también actúa como silenciador, pues amortigua el ruido que produce el aire al entrar en el carburador. La carcasa del filtro y la toma de aire están diseñadas de modo que también absorban el ruido producido por los cambios de presión en el colector de admisión (Figura 18).

En la actualidad los filtros corrientes incluyen un elemento de papel, que puede ser sustituido cuando esté demasiado sucio, o disponen de un baño de aceite que cumple la función de filtrado. Los sistemas modernos incorporan elementos filtrantes de plástico, que no se corroen, pesan menos y producen menos ruido que los metálicos.

*Figura 18. Filtro de aire.*

1.2.5. Colector de admisión. Cumple dos funciones: facilita la vaporización de la mezcla de combustible y aire procedente del carburador y la distribuye a cada cilindro del modo más uniforme posible.

**Al objeto de mejorar el rendimiento volumétrico del motor, es decir, conseguir un mejor llenado de los cilindros, los conductos de admisión deben permitir el paso de mayor flujo posible, por cuya causa se fabrican de manera que resulten lo más cortos y rectos posible (Figura 19).**

**Figura 19. Colector de admisión.**

1.2.6. Colector de escape. Este sistema constituye un conjunto capaz de canalizar los gases productos de la combustión, desde los cilindros hasta el exterior, rebajando su temperatura y su presión (Figura 20). Esta formado por expansores (2), silenciador (3), boca de acople (1) y ducto de salida (4).

**Los gases quemados salen del cilindro con grandes velocidades y presión, originando una onda expansiva que debe ser eliminada para reducir el ruido que produce. Para ello debe ser frenada su velocidad; pero si la acción de frenado fuese muy enérgica se dificultaría el llenado del cilindro, pues ya es conocido que los gases frescos entran al cilindro en parte arrastrado por los quemados.**

**La presión de salida de los gases es reducida mediante una caja de expansión que dispone el sistema de escape. La expansión que sufre aquí el gas, reduce su presión. En el silenciador se produce posteriormente una nueva expansión y un frenado de los gases, haciéndolos circular siguiendo un recorrido sinuoso.**

**Figura 20. Colector de escape.**

### **1.3. SISTEMA DE LUBRICACION**

La misión del aceite en el motor no consiste únicamente en disminuir la fricción y el desgaste, sino también es lubricar los pistones, cojinetes y demás partes móviles. Contribuye así mismo a evitar fugas de gases a presión elevadas; elimina el calor de zonas

calientes y lo transmite al aire a través del cárter; reduce la corrosión y absorbe algunos productos nocivos de la combustión.

El aceite se encuentra en el cárter, que es la parte mas baja del motor. Una bomba lo hace ascender a través de un filtro hasta llegar a los cojinetes de bancada del cigüeñal. En condiciones normales la bomba impulsa varios litros de aceite por minuto, a una presión controlada por la válvula de regulación.

Desde los cojinetes de bancada, el aceite llega hasta los cojinetes de biela a través de unos conductos del cigüeñal y de unas ranuras que posee los cojinetes de bancada. En algunos motores el aceite llega hasta los bulones por medio de conductos practicados un las bielas.

Las paredes de los cilindros y los cojinetes de los bulones de pistón se lubrican con el aceite que se escapa por los extremos de los cojinetes y se dispersa por la acción giratoria del cigüeñal. El exceso de aceite es retirado del cilindro por el segmento rascador, que lo devuelve al cárter (Figura 21)

Otros taladrados del conducto principal suministran aceite a cada uno de los soportes del árbol de levas. Los motores de válvula en cabeza disponen de otro conducto de engrase que suministra aceite al eje de balancines. El aceite después de lubricar balancines y ejes, retorna al cárter por gravedad a través de unos pasos existentes en la culata.

Otro conducto suministra aceite a la transmisión del árbol de levas, por cadena o por piñones al tensor de la mencionada cadena.

### Figura 21. Sistema de lubricación

1.3.1. Finalidades del sistema de lubricación. El sistema de lubricación tiene por finalidad, el cumplir con objetivos siguientes:

- Lubricar las partes móviles con el fin de atenuar el desgaste, impidiendo el contacto directo de las superficies metálicas, con lo que se disminuye el trabajo perdido en rozamiento.
- **Refrigerar las partes lubricadas evacuando el calor de esas zonas.**
- **Aumentar la estanqueidad en los acoplamientos mecánicos. Con la película de aceite interpuesta entre pistón y cilindro, mejora notablemente el sellado entre ambos.**



- **Amortiguar y absorber los choques en los cojinetes.**

1.3.2. Característica de los lubricantes. Existen tres tipos de aceites: mineral sintético y vegetal (solo el de recino en los motores de automóvil). Los fabricantes actuales recomiendan el uso exclusivo de aceites minerales. El aceite mineral puro presenta bastantes inconvenientes, ya que su temperatura de solidificación es bastante alta, su viscosidad muy elevada en invierno y excesivamente baja en verano, y se quema por encima de los 230 °c. con este aceite el motor se cargaría pronto de residuos y carbonilla. Añadiendo aditivos químicos al aceite, se evitan estos inconvenientes y se aumenta el rendimiento del motor.

La clasificación que distingue a los diferentes tipos de lubricantes, viene dada con base en las siguientes características:

1.3.2.1. Viscosidad. Es la característica principal y representa la resistencia que el líquido opone al fluir.

**Las capas de la película de aceite se adhieren a las superficies metálicas, produciéndose un frotamiento entre las distintas subcapas. La viscosidad del aceite es lo que**

**determina la mayor o menor dificultad con que se produce estos movimientos internos de la película.**

**Todos los aceites pierden viscosidad al aumentar su temperatura, pero algunos lo hacen con mayor rapidez que otros. La susceptibilidad de un aceite a la pérdida de viscosidad recibe el nombre de índice de viscosidad; cuanto menos se modifique esto con la variación de la temperatura, mayor será el índice.**

1.3.2.2. Punto de inflamación. Es la temperatura a la cual despiden vapores inflamables. En los motores el aceite que pasa a las cámaras de combustión se quema allí en esta fase. Conviene por tanto, que sea elevado su punto de inflamabilidad, para dificultar en lo posible su combustión.

1.3.2.3. Punto de fluidez. El punto de fluidez es la temperatura más baja a la que puede fluir un líquido. Esta es una especificación muy importante en los casos en que el sistema hidráulico va a quedar expuesto a temperaturas sumamente bajas. Como regla general, el punto de fluidez debe estar 20 grados F debajo de la temperatura más baja que se espera encontrar.

1.3.2.4. Resistencia a la oxidación. La oxidación o unión química con el oxígeno reduce gravemente la duración en servicio de un fluido. Los aceites derivados del petróleo son particularmente susceptibles a la oxidación, ya que el oxígeno se combina fácilmente tanto con el carbono como el hidrógeno, que son los elementos de que está constituido el aceite.

**La mayor parte de los productos de la oxidación son solubles en el aceite, ocurriendo nuevas reacciones de estos productos, que originan la formación de gomosidad, sedimentos y barnices. Los productos de la primera fase, que permanece en el aceite, son de naturaleza ácida y pueden causar corrosión en todo el sistema, además de aumentar la viscosidad del aceite. Las gomosidades, sedimentos y barnices insolubles obstruyen orificios, aumentan el desgaste y hacen que se atasquen las válvulas.**

1.3.2.5. Demulsibilidad. En la mayoría de los sistemas se pueden tolerar pequeñas cantidades de agua. De hecho, ciertos compuestos antioxidantes favorecen cierto grado de emulsificación, es decir, de mezcla con el agua que pueda introducirse al sistema. Con ello se evita que el agua se asiente y penetre la película de antioxidante. Sin embargo, si existe mucha agua en el aceite, se fomentara la acumulación de contaminantes que pueden originar que las válvulas se peguen y que se acelere el desgaste.

1.3.3. Bomba de aceite. La bomba de aceite es el órgano mecánico que sirve para poner en circulación el aceite lubricante a una determinada presión.

**Se emplean dos tipos de bombas de aceite: la de engranajes y la de lóbulos. Generalmente son accionados por el árbol de levas o por el cigüeñal. La bomba de engranaje consta de dos piñones que engranan uno con el otro (Figura 22).**

**Al girar los piñones, los espacios entre los dientes se llenan de aceite procedentes del cárter con lo que, al continuar el giro, se produce la impulsión.**

**La bomba de lóbulos consta de un motor interno y otro externo contenidos en un cilindro, entre los cuales penetra aceite.**

**Cuando el aceite está frío, la presión que se necesitaría para hacerlo circular a través del reducido juego entre cojinetes y cigüeñal podría ser lo suficientemente elevada como para dañar la bomba. Cuando la presión es excesiva se abre una válvula de descarga en el interior de la bomba y parte del aceite se devuelve al cárter.**

Figura 22. Tipos fundamentales de bombas.

1.3.4. Filtrado de aceite. En la mayor parte de los motores, el aceite penetra en la bomba a través de un tamiz que retiene las partículas más gruesas.

**En la parte exterior del bloque se suele montar un filtro en serie por el que pasa todo el flujo de aceite. Como se puede obstruir con el polvo y además partículas retenidas, este filtro posee una válvula en paralelo que se abre cuando la diferencia de presión**

debida al filtro sobre pasa un limite establecido, generalmente de 0.7 a 1.5kg/cm. Esta válvula también se abre cuando el aceite esta frío y, por tanto, es demasiado viscoso como para pasar con facilidad por el filtro (Figura 23).

El filtro puede disponerse en el sistema de lubricación en serie o en paralelo. En el primer caso, atraviesa el filtro la totalidad del aceite puesto en circulación por la bomba, por lo que a este sistema se le denomina de caudal total. El elemento filtrante, en este caso, debe disponer de un sistema de seguridad que impida que se corte el flujo de aceite cuando el cartucho esta colmatado por exceso de suciedad (Figura 24).

En el segundo caso, atraves del cartucho solamente pasa una parte del aceite puesto en circulación por la bomba, por lo que al sistema se le llama de Caudal Parcial. Aquí no es necesario disponer de válvula de seguridad, pues en ningún caso existe la posibilidad de que por obstrucción o colmatado del cartucho se quede el motor sin engrase.

**Figura 23. Funcionamiento del filtro**

**Figura 24. Circulación del aceite por los filtros.**

#### **1.4. SISTEMA DE REFRIGERACION**

Menos de una cuarta parte de la energía calorífica consumida en el motor de encendido por chispa se transforma en fuerza útil. El resto del calor debe disiparse de modo que ninguna parte del motor llegue a calentarse hasta el punto de impedir su buen funcionamiento. Con el acelerador pisado a fondo, alrededor del 36% sale por el sistema de escape, el 7% se pierde por fricción interna y por calentamiento del aceite de lubricación, y otro 33% se disipa por el sistema de refrigeración.

**Existen dos tipos de sistema de refrigeración: directo e indirecto. En el sistema directo circula aire entre las aletas externas prevista en los cilindros y la culata. En la practica, resulta mucho más difícil mantener la temperatura ideal de funcionamiento del motor ya que el coeficiente de transmisión del calor entre las paredes y el aire es muy inferior al obtenido entre pared y agua, por cuya razón, a igualdad de carga del motor no es posible con la refrigeración por aire elevar la temperatura de las paredes del cilindro a los valores obtenidos con la refrigeración por agua. A causa de ello, la velocidad del aire debe ser elevada y la superficie radiante de las paredes del cilindro aumentada.**

**En el sistema indirecto circula un refrigerante, que suele ser agua, por unos conductos dispuestos en el interior del motor (Figura 25).**

**Las paredes de los recintos que envuelven las diversas capacidades de cilindros y culata, deben ser del menor espesor posible y presentar una gran superficie de contacto al líquido de la refrigeración, que en su circulación se calienta al contacto con estas paredes de la que evacua el calor.**

**La circulación del agua necesaria para transferir el calor del motor al radiador puede conseguirse por medio de una bomba, o bien, aprovechando la diferencia de peso existente entre el agua caliente del motor y la fría del radiador. En el primer caso se realiza la circulación forzada y en el segundo la circulación por termosifón.**

En la circulación por termosifón, el calentamiento del agua en el motor produce un aumento de su volumen y disminución de la densidad, resultando así más ligera, tendiendo a subir hacia las paredes altas del motor, cediendo el espacio inferior al agua más fría, la cual, cuando se calienta tiende a subir, originando de esta manera un movimiento circulatorio natural, provocado por la corriente ascensional del agua caliente y de otra descendente que se produce con el agua fría (Figura 26).

Figura 25. Sistema de refrigeración

## **Figura 26. Circulación por termosifón.**

**1.4.1. Partes fundamentales del sistema de refrigeración. A continuación se enuncia las partes fundamentales de un sistema moderno de refrigeración.**

**- Envoltura: Es todo lo que rodea las partes calientes del motor, cilindros, cámaras de combustión y conductos del escape.**

**- Radiador: Es el que se refrigera, por aire, el agua que llega caliente desde el motor. Esta compuesto de dos cámaras de agua, superior e inferior, y de un haz de tubos de pequeña sección que unen ambas cámaras.**

**El agua caliente procedente de la culata penetra en la cámara superior del radiador después de haber atravesado el termostato y fluye hacia abajo, atravesando el haz, en el que pierde calor. Los tubos llevan aletas acopladas para aumentar la superficie de contacto con el aire. En agua refrigerada pasa a la cámara inferior del radiador y vuelve después al motor a través de la bomba de agua.**

**- Tuberías: Están en la parte superior e inferior del radiador, que unen este al motor para formar un circuito cerrado.**



- **Bomba:** Mantiene la circulación del agua a través del sistema de refrigeración. Estas bombas son siempre de tipo centrífugo, ya que resultan las mas adecuadas para obtener grandes caudales con pequeñas presión de impulsión.

- Ventilador: Es el que impulsa aire hacia el radiador, favoreciendo de este modo la disipación del calor.

- Termostato: Colocado en la salida de agua del motor, que reduce la circulación del agua de refrigeración hasta que el motor adquiere su temperatura normal de funcionamiento. Fundamentalmente se utilizan dos tipos de termostatos: los de fuelle y los de cápsula.

El primero de ellos formando por un fuelle circular de latón que encierra un líquido muy volátil (alcohol), que al contacto con el agua caliente aumenta de volumen provocando la expansión del fuelle, lo que a su vez produce la apertura de la válvula.

**Los termostatos de cápsula sustituyen el fuelle por una cápsula de cera especial de alto coeficiente de dilatación. Cuando se calienta, la cera se dilata, obturando a la válvula a abrirse paso a la oposición de un muelle. Este tipo es el mas empleado en la actualidad.**

- **Tapón con Válvula de Sobrepresión:** Ubicado en el radiador para elevar el punto de ebullición del agua, con lo que se evita la formación de bolsas de vapor en las proximidades de las cámaras de combustión. Estas bolsas podrían provocar la

**aparición de puntos calientes deformaciones del bloque y de la culata, y gripados de los pistones.**

## **1.5. SISTEMA DE ENCENDIDO**

El motor de gasolina produce energía mediante la combustión de una mezcla de gasolina y aire en los cilindros. El sistema de encendido produce la chispa necesaria para que se pueda inflamar la mezcla; consta de cuatro partes principales: una batería, que proporciona corriente eléctrica; una bobina, que eleva la tensión de la corriente; un distribuidor, que parte la corriente a las bujías, en el momento adecuado, y una serie de bujías, que producen las chispas que inflamaron la mezcla en los cilindros.

Cada cilindro dispone de una bujía con dos elementos metálicos, llamados electrodos, que se aloja en la cámara de combustión. Cuando a la bujía llega una corriente de tensión suficientemente elevada, esta salta entre los dos electrodos en forma de chispa.

Los sistemas de encendido por chispa, básicamente idénticos en todos los automóviles modernos, proporcionan electricidad a la bujía de cada cilindro con una tensión suficiente y en el momento preciso.

La separación entre los electrodos de una bujía (unos 0.6 mm, generalmente) viene impuesta por la necesidad de disponer de un volumen mínimo de chispa con una máxima

energía. Si se aumenta la separación entre electrodos, se aumenta el volumen a costo de energía, y viceversa.

La corriente que llega a las bujías debe ser de alta tensión, por lo menos de 14000 vol. Para compensar una posible pérdida en el sistema, deben generarse hasta 30000 vol. La batería del banco debe tener una tensión de 12 vol. Esta tensión se eleva varios miles de veces en la bobina. Una vez producida, debe ser distribuida adecuadamente hasta la bujía en el momento indicado del ciclo de cuatro tiempo. El distribuidor transmite la electricidad por turno a cada uno de los cilindros, siguiendo el orden de encendido. Uno de sus componentes, el ruptor, también contribuye con la bobina a la formación de la alta tensión necesaria. Con un condensador conectado al ruptor se puede evitar la excesiva producción de arcos voltaicos (chispas) entre los platinos (Figura 27).

Figura 27. Sistema de encendido.

1.5.1. Distribuidor. Es la conexión mecánica entre los componentes eléctricos del equipo encendido y el motor. Interrumpe y reanuda al paso de la corriente eléctrica por el arrollamiento primario (sistema de altas) mediante un ruptor y distribuye la corriente de alta tensión producida en la bobina a las bujías, en orden adecuado de encendido mediante un dedo o pipa, que al girar conecta el terminal central de la tapa, en los cables de las bujías.

El eje del distribuidor suele ser accionados por el árbol de levas, por medio de engranajes helicoidales que permite que ambas piezas giren a las mismas revoluciones o en algunos motores el eje del distribuidor es movido por el cigüeñal a través de un juego de engranaje que reduce a la mitad el número de revoluciones. Así la corriente llega a las bujías en el momento preciso en relación con el ciclo de cuatro tiempo.

1.5.2. El Ruptor. Es un interruptor automático que abre y cierra el circuito primario al compás del giro del motor. Para realizar esta función dispone de dos piezas: una fija llamada yunque, que sujeta al plato portaruptor y otra móvil llamada martillo que puede bascular sobre su punto de giro y está aislado eléctricamente de las masas.

**La leva junta o separa los contactos del ruptor, gracias a un talón de fibra situado en el martillo, al que empuja separando los contactos al presentar un saliente. El número de salientes de la leva, coincide con el número de cilindros del motor. Cuando se presenta una cara plana al talón del martillo, los contactos del ruptor permanecen cerrados y la corriente primaria pasa a través de ellos, cuando el circuito con la masa de batería. Dicha batería llega hasta el martillo desde el borde de entrada al distribuidor, al cual se conecta la salida del primario de la bobina.**

1.5.3. La Bobina. La bobina eleva la corriente de baja tensión procedente de la batería y la transforma en una corriente de alta tensión para la bujía. De esta forma se le suministra a las bujías corriente hasta de 30.000 voltios.

Su funcionamiento se basa en el principio de que al pasar la corriente por una bobina, se produce un campo magnético; y al interrumpirse este, se genera una corriente en cualquier bobina que se encuentre en la línea de fuerza del campo. Para elevar una tensión determinada, basta con disponer dos bobinas, una con más espiras que otra.

## 1.6. SISTEMA DE MEDICION DE POTENCIA

La medición de la potencia o trabajo realizado en la unidad de tiempo, es de importancia básica al determinar la capacidad de producción de un motor. Uno de los dispositivos empleados para la medición de la potencia es un freno mecánico el cual tiene la misión de disipar la energía cinética que posee un cuerpo o de impedir que aumente dicha energía. La energía disipada se transforma siempre, directa o indirectamente, en calor.

**El freno mecánico a utilizar en este banco es el freno de disco. El cual consta básicamente un disco y dos superficies planas (zapatas), que se oprimen entre si con el disco para operar y se separan para dejar de hacerlo.**

En este tipo de frenos, el elemento solidario con el eje del motor es un disco de acero perpendicular a éste el cual es apretado entre dos zapatas de fricción contenidas en la pinza del freno (Figura 28).

Los frenos de este tipo se refrigeran fácilmente por estar expuestos a la corriente de aire, su desgaste es uniforme y la eficacia de frenado es mayor que en frenos de zapatas interiores o exteriores; además, son poco sensibles a la presencia de agua, porque ésta es expulsada fácilmente por la fuerza centrífuga. Los frenos de disco son de mando hidráulico y se accionan por una bomba análoga a la empleada en las instalaciones de tipo clásico de tambor.

En la Figura 28, se representa el freno de disco, compuesto esencialmente por una pinza con los cilindros y por un soporte o cárter fijado a la estructura o base, anclada al suelo. La pinza contiene las zapatas de fricción, que aprietan el disco durante el frenado. En la Figura 29, se esquematiza la sección del cilindro: el disco (5) está interpuesto entre las dos zapatas de fricción (1); cuando la conducción transmite la presión hidráulica, el émbolo empuja la zapata contra el disco; la misma presión actúa sobre el fondo del cilindro (2) y, por tanto, gracias al juego transversal de la pinza sobre su soporte, esta se desplaza de tal forma que también la otra se zapata de fricción se adhiere al disco; en estas condiciones, el esfuerzo frenante resulta repartido igualmente entre las dos zapatas.

Figura 28. Freno de disco

Figura 29. Conformación interna del freno.

**1.6.1. Partes del sistema de medición de potencia. El freno utilizado para medir potencia consta de las siguientes partes:**

- Pastillas o Zapatas: son los elementos encargados de entrar en contacto con el disco, con el fin de frenarlo. El freno consta de dos juegos de zapatas, fabricadas con asbesto en la superficie de rozamiento con el motor.
  
- Disco de frenado: sobre este esta aplicada la fuerza de frenado accionada por las pastillas; este disco esta fabricado en acero con una dimensión de 25 cm de diámetro.

- Eje del Freno: su función es unir el eje del motor con el disco de frenado, está fabricado en acero inoxidable AISI 4340, tiene una longitud de 45cm y está acoplado al disco por medio de estrías y ajustado por medio de una tuerca
  
- Manómetro: marca la presión con la cual entra el líquido de freno al pistón.
  
- Tuberías: ductos por el cual fluye el líquido de freno desde la bomba hasta el cilindro, debe estar bien sellada para no permitir la entrada de aire.
  
- **Pedal de freno: palanca de accionamiento mecánico de la bomba de freno.**
  
- **Bomba de freno: bomba de cilindro-pistón encargada de mandar el líquido de freno a la presión necesaria para que genere la fuerza de fricción de frenado.**
  
- **Embrague: desactiva el motor del eje de frenado en el mismo instante que se acciona el freno y es activado por la palanca de frenado**

Además de los elementos antes mencionados existen también otros elementos. Como son las rodamientos, tornillos, y acoples de tuberías.

Por efectos de cálculos y diseños del equipo, el Freno esta en capacidad para hacer pruebas en motores cuya potencia a velocidad nominal no sea superior a 75 HP y genere un torque máximo de 12 Kg-m, esto se debe a que estos fueron los datos tomados para hacer el diseño de las partes del freno.



### 1.6.2. Selección del sistema de medición

Para la selección del sistema de medición de potencia, se diseñó un freno de disco tomando como parámetro de diseño el de un embrague de disco.

El máximo par que desarrollaba el motor cuando estaba nuevo y en óptimas condiciones era de 11.5 Kg-m, siendo este el factor principal para el diseño del freno.

Para el diseño del freno, se trabajó con una presión admisible en la superficie de fricción de 0.8 MPa y un coeficiente de fricción  $\mu = 0.25$ , correspondiente al contacto entre asbesto moldeado y acero o fundición.

- Análisis bajo suposición de desgaste uniforme

$$T = n \int r \cdot \mu \cdot P \cdot dA$$

Donde:

**dA:** área de contacto de la zapata.

**P:** presión de contacto entre pastillas y disco.

**$\mu$ :** coeficiente de fricción.

**r:** radio del disco.

**n:** N° de superficies de contactos.

$$T = n \int r \cdot \mu \cdot P \cdot dA = n \cdot \mu \int P \cdot dA,$$

Para una variación de  $\theta$  máxima de  $45^\circ$  (0 hasta  $\Pi/4$ ) como criterio de diseño, y una variación de  $r$  desde  $r_I$  hasta  $r_O$ .

$$T = n \cdot \mu \int \int r \cdot p \cdot r \cdot dr \cdot d\theta, \text{ de donde } T = (\Pi/8) n \cdot \mu \cdot P_a \cdot r_I (r_O^2 - r_I^2)$$

De la recomendación respecto a la relación entre diámetro exterior y diámetro interior sugerida por los libros:

$$1.3 < D/d < 2$$

Se trabajo con una relación de diámetro  $D/d = 1.5$ , donde  $D$  es el diámetro exterior de contacto y  $d$  es el diámetro inferior.

$1.5 r_I = r_O \Rightarrow$  despejando  $r_I$  obtenemos que:

$$r_I = \sqrt[3]{(T / (1.25 \Pi / 8 \cdot n \cdot \mu \cdot P_a))}$$

reemplazando los valores obtenemos:

$$r_I = \sqrt[3]{(114777 / (1.25 \Pi / 8 \times 2 \times 0.25 \times 0.8))}$$

$$r_I = 115.9 \text{ mm} \Rightarrow r_I = 83 \text{ mm} \text{ y } r_O = 1.5 \times 83 \text{ mm} = 125 \text{ mm}$$

Esto nos indica que el disco tiene como dimensiones:

$$D = 250 \text{ mm} \text{ y } d = 166 \text{ mm}$$

De esta forma seleccionamos un freno de disco con un diámetro exterior de 25 cm y diámetro interior de 15 cm, que comercialmente es el más semejante.

## **1.7. GRAFICADOR DEL CICLO OTTO**

Este graficador fue construido por los autores del proyecto de grado que lleva por nombre “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ESTUDIO DE LOS PARAMETROS BASICOS DE UN MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA”; debido a las necesidades de cumplir con los objetivos de este proyecto de grado, se adecuó y se integró al banco de prueba.

El graficador hace las tomas de presiones a través de un sistema compuesto de: un tramo de tubo de 3/8” en cobre, una válvula de aguja de 1/2” – 10.000 lb/pulg en acero aleado de alta resistencia, un manómetro burdon de 100 psi y una válvula de bola de 3/8”.

## **2. MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO**

Antes de llevarse a cabo los laboratorios, los estudiantes deben familiarizarse con el manejo y operación del banco de prueba.

## **2.1. REVISIÓN PREOPERATORIA**

- **Antes de encender el motor verifique que el aceite del motor, el agua del radiador y los combustibles (gasolina y gas natural), se encuentren en sus respectivos niveles.**
  
- **Verificar que no existan fugas de los combustibles (gasolina – gas natural), en las distintas conexiones y válvulas de las líneas de conducción de combustibles.**
  
- **Revise las conexiones eléctricas de las electroválvulas de combustibles y vacío.**
  
- **Verifique el sistema de medición de potencia este libre de elementos extraños especialmente el freno de disco.**

2.1.1. Funcionamiento preoperacional con gasolina. Para operar el motor con gasolina el conmutador de selección de combustible ubicado en el tablero de control del banco, debe encontrarse en la posición C. En esta posición está energizada la electroválvula de gasolina

y la electroválvula de alimentación de vacío. La primera permanece abierta permitiendo la normal circulación de gasolina de la bomba al carburador; la segunda abre, permitiendo que la señal de vacío del múltiple, abra completamente el diafragma del dosificador, eliminando la posibilidad de restricción en la entrada de aire por el dosificador al carburador.

2.1.2. Funcionamiento preoperacional con gas natural. El selector de combustible debe encontrarse en la posición A, energizándose la electroválvula de gas, que permite que la señal de vacío del carburador llegue hasta el control de flujo permitiendo éste el paso de gas hacia el regulador secundario de presión. Al mismo tiempo se desenergizan las electroválvulas de gasolina al carburador y el alto vacío al dosificador de gas natural, permitiéndose así el normal desplazamiento del émbolo que regula la cantidad de gas y de aire que entra al motor.

2.2. Arranque del motor. El arranque del motor debe seguir el orden indicado.

2.2.1. Arranque del motor utilizando gasolina. Abra las válvulas de bola V1, V3 y verifique que el selector de combustible se encuentre en la posición C. Gradúe el ahogador del carburador en la posición cerrada y proceda a accionar el interruptor de arranque. Arranque el motor y ajuste el acelerador para 1200 RPM y espere 30 segundos que el motor se caliente.

2.2.2. Arranque del motor utilizando gas natural. Proceda abrir la válvula de corte del cilindro que contiene gas natural y la válvula manual de cierre que conforma el conjunto del reductor de alta presión.

El selector de combustible debe encontrarse en la posición A, luego proceda a accionar el interruptor de arranque, ajuste el acelerador para 1200 RPM y espere 30 segundos que el motor se caliente.

2.2.3. Cambio de combustible. Los cambios de combustible es recomendable realizarlos con el motor encendido.

2.2.3.1. De gasolina a gas natural. Para realizar el cambio de gasolina a gas natural debe hacerse lo siguiente:

- Con el motor acelerado aproximadamente a 2000 RPM coloque el interruptor de selección de combustible en la posición B.
- Espere que la reserva de gasolina que se encuentra en la tasa del carburador se agote y el motor demuestre la falta de combustible; cuando esto suceda traslade el interruptor

a la posición A y desacelere cuando estabilice el motor. Es importante que se retarde al máximo este cambio del interruptor de la posición B a la posición A, para evitar la presencia de ambos combustibles.

2.2.3.2. De gas natural a gasolina. Con el motor acelerado el interruptor de selección de combustible debe ser accionado directamente de la posición A hasta la posición C sin detenerse en la posición B para obtener así un régimen estable de funcionamiento del motor.

2.2.4. Paro del motor. Para detener la marcha del motor independientemente del combustible que se esté utilizando, se estabiliza el motor en ralentí, y luego accione el interruptor de arranque a la posición de apagado.

Cierre las válvulas del sistema de suministro de combustible (gasolina – gas natural) con el cual estuvo operando el motor.

**2.2.5. Medición de Potencia. Una vez el motor esté en marcha y con las RPM deseadas, se acciona el pedal del freno el cual acciona la bomba de frenado; en este instante se torna la medida de la presión que marca el manómetro y con esta se halla la fuerza de frenado.**

2.2.6. Operación del graficador del ciclo Otto. Para operar el graficador de presiones, deben estar al frente del banco dos estudiantes, uno ubicado en el tablero de mando y controles y el otro frente al graficador.

Para empezar a graficar, el motor debe estar en ralentín. Instale el papel milimetrado en el tambor, proceda a abrir la válvula de aguja y luego casi simultáneamente la válvula de bola V4 y accione el interruptor del graficador el cual energiza la volanta electromagnética para transmitir el movimiento rotativo del motor al reductor sinfin- corona del graficador.

El tiempo de duración de la operación es de aproximadamente ocho segundos, lo cual es suficiente para obtener un número de diagramas fáciles de estudiar y analizar.

Al terminar de graficar debe desenergizarse el interruptor del graficador y proceder a cerrar las válvulas de bola V4 y la válvula de aguja.



### **3. DISEÑO TEORICO DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO.**

Estas guías se desarrollan para llevar a cabo un estudio comparativo de los parámetros básicos de un motor de cuatro tiempo de combustión interna de encendido por chispas, utilizando dos tipos de combustibles: Gasolina y Gas natural.

#### **3.1. EXPERIMENTO DE LABORATORIO PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AIRE**

3.1.1. Objetivos. - Determinar el consumo de aire admitido por el motor.

- **Calcular el rendimiento volumétrico.**

3.1.2. Equipos utilizados. - **Motor de cuatro tiempos.**

- **Manómetro diferencial en “U”.**
- **Tanque de compensación.**

- **Platina de orificio.**
- **Tacómetro (R.P.M.).**
- **Cronómetro.**

3.1.3. Descripción. El medidor de flujo de aire es un medio para evaluar la cantidad de aire que admite el motor bajo diferentes condiciones de operación.

**El consumo de aire se mide haciendo que el motor admita el aire a través de una platina de orificio, pasando luego el aire admitido por el tanque de compensación y después por un ducto fabricado en PVC, hasta el dosificador (mezclador de GNC) acoplado este al carburador. Puesto que todo el aire admitido por el motor a pasado por la platina de orificio la cual restringe el movimiento del aire ocasionando caída de presión a uno y otro lado de la platina de orificio.**

**La diferencia de presión que existe en la platina de orificio se mide en centímetros o pulgadas de agua, por medio de un manómetro diferencial en “U”. Un manómetro de este tipo es un instrumento que se utiliza para medir el flujo de gas y vapor a bajas presiones.**

Figura 30. Sistema de medición del flujo de aire.

3.1.4. Procedimiento. - Verificar la hermeticidad del sistema de medición del flujo de aire admitido por el motor.

- **Verificar que las conexiones del manómetro en “U” se encuentren acopladas y el nivel de los meniscos del agua estén alineados paralelamente.**
- **Antes de dar marcha al motor repase los procedimientos preoperacionales descritos en el capítulo 2.**
- **Arranque el motor y ajuste el acelerador para 1200 r.p.m., espere unos 30 segundos que el motor se caliente.**
- **Estabilice el motor en ralentí.**
- **A diferentes revoluciones del motor, utilizando como combustible gasolina, registre las diferentes lecturas del manómetro diferencial en “U”, en la Tabla 2.**

- A diferentes revoluciones del motor (máxima variación de 200 r.p.m.), utilizando como combustible GNC, registre las diferentes lecturas del manómetro diferencial, en la Tabla 2.
- Calcule el consumo de aire para los distintos combustibles (gasolina y GNC), empleando la siguiente ecuación.

$$Gr = 28,13 \sqrt{(\Delta h)} \quad (\text{cm}) \quad (\text{kg/hora})$$

**Donde:**

**Gr = Consumo de aire**

**$\Delta h$  = Lecturas de las diferencias de meniscos del manómetro diferencial en “U” (cm de agua).**

- Registre los distintos valores obtenidos para gasolina y para gas natural en la Tabla 2 en las columnas correspondientes.
- En la columna del consumo teórico (Gt) de la Tablas 2, registre los valores calculados del consumo teórico del motor empleando la siguiente ecuación.

$$Gt = 0,1184 (N) \quad \text{kg/hora}$$

**Donde :**

**Gt = Gasto teórico del consumo de aire del motor**

**N = R.P.M.**

- **En la Tabla 2, donde aparece la columna de rendimiento volumétrico, registre en éstas los datos obtenidos de acuerdo a la siguiente relación matemática:**

$$N_v = G_r / G_t$$

Donde:

**N<sub>v</sub> = Rendimiento volumétrico**

3.1.5. Preguntas. - ¿Por qué varía el consumo de aire a diferentes R.P.M. utilizando como combustible gasolina?

- ¿Por qué varía el consumo de aire a diferentes R.P.M. utilizando como combustible GNC?
- ¿A las mismas RPM, con qué combustible el motor consume más aire?. ¿Explique por qué?
- Grafique el consumo de aire real (Gr) Vs revoluciones del motor (R.P.M.) para ambos combustibles (gasolina y GNC). Explique porqué los diferentes comportamiento.

- Grafique el rendimiento volumétrico ( $N_v$ ) Vs revoluciones (R.P.M.) para ambos combustibles (gasolina y GNC) y explique porque los diferentes comportamiento.

### **3.2. EXPERIMENTO DE LABORATORIO UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE GASOLINA**

3.2.1.Objetivo. - Determinar el consumo de gasolina del motor.

- **Calcular la relación de aire-combustible del motor (gasolina).**
- **Calcular el torque de rotación**
- **Calcular la Potencia al Freno (BHP)**
- **Calcular la Potencia de Fricción (FHP)**
- **Calcular la Potencia Indicada (IHP)**
- **Calcular la eficiencia mecánica.**

### **3.2.2. Equipos utilizados. - Motor de cuatro tiempos.**

- **Medidor de combustible (gasolina).**
- **Sistema de medición de flujo de aire.**
- **Tacómetro (RPM).**
- **Cronómetro.**
- **Freno de Fricción**

**3.2.3. Procedimiento.** Para el desarrollo de la práctica deben estar al frente del banco de pruebas por lo menos cuatro estudiantes. Uno medirá revoluciones del motor, el segundo medirá el consumo de aire observando el manómetro en v, teniendo en cuenta que se encuentra el nivel en ceros, y teniendo cuidado que al momento de la lectura se debe tapar el orificio de precalentamiento de las bujías en el múltiple de admisión, para que la lectura sea correcta. El tercer estudiante tomará con el cronómetro el tiempo en que dura el consumo de combustible, para esto es necesario dejar trabajar el motor con la carga que se quiera estudiar durante el tiempo de consumo del combustible a medir. El cuarto estudiante tomará la lectura de la presión en el manómetro Burdon cuando se accione el freno, estos datos se anotaran en la respectiva hoja y el resultado de los cálculos al seguir los siguientes pasos.

- **Verificar el nivel de gasolina del tanque de almacenamiento.**

- Abrir las válvulas V1, V2, V3 y esperar que el nivel de gasolina alcance el nivel superior de la pipeta graduada, garantizando suficiente gasolina para no volver a llenar durante las pruebas.
- Cierre la válvula V1 y abra la válvula V3 para iniciar los laboratorios.
- Antes de dar marcha al motor repase el procedimiento preoperacionales de arranque del motor cuando trabaja con gasolina.
- Arranque el motor y ajuste el acelerador para 1200 r.p.m., espere unos 30 segundos que el motor se caliente.
- Estabilice el motor en ralentín (600 a 750 r.p.m.).
- Realice las mediciones de consumo de gasolina a diferentes r.p.m. del motor y con el cronómetro registre el tiempo empleado en consumirse el volumen seleccionado de gasolina en el medidor. Para determinar el consumo de gasolina utilice la siguiente ecuación:

$$B_g = V_g * \rho_g / t$$

**Donde:**

**$B_g$  = Consumo de gasolina (Kg/hora)**



$V_g$  = Volumen de gasolina.

$\rho_g$  = Peso específico de la gasolina ( $\rho_g = 7.2 \times 10^{ln-4} \text{ Kg/cm}^3$ )

Complete la Tabla 2.

- En la Tabla 2, donde aparece la columna relación aire combustible (A/C) registre los datos obtenidos de acuerdo a la siguiente relación matemática:

$$A/C = Gr/Bg$$

**Donde:**

**A/C = Relación aire-combustible**

**Bg = Consumo de gasolina**

Para las mediciones de potencias de maquina, se tomarán lecturas de acuerdo a la carga que se va a utilizar, ya sea: sin carga (0), media carga (1/2) o a plena carga (toda) así mismo se anotan las revoluciones por minuto del motor (RPM) y el torque que es el resultado de las operaciones que se describen posteriormente.

**Se anotan los valores de potencia al freno ( BHP), potencia de fricción (FHP), potencia indicada (IHP) y eficiencia mecánica (NM).**

- Potencia al freno (bhp). Es el valor de la potencia realmente entregada por el eje principal de un motor, o sea los caballos medidos en el freno de la maquina, o potencia medida en el acoplamiento del eje.

**Para realizar el cálculo de esta potencia se requiere de los siguientes datos:**

- Torque (T). Resulta de multiplicar el valor de la fuerza de fricción por el radio medio del disco.

- Revoluciones por minuto R.P.M. Es el numero de vueltas completas que da el eje de la maquina en un minuto, y que se lee en el tacómetro eléctrico.

**La ecuación para hallar BHP es:**

$$\text{BHP} = T \times N \times 2\pi / 550$$

**Donde T = torque expresado en lbf.pie**

$$\text{N} = \text{RPM.}$$

**Para el cálculo del torque se siguen los siguientes pasos:**

- Se toma la lectura de presión P en el manómetro Burdon.
- Calcule  $F = P \times A$ , fuerza axial a lo largo del pistón

**Donde**

**F= Fuerza de empuje axial a la larga del pistón (kg)**

**P= Presión líquido de freno (psi)**

**A= Area del Pistón (0,003m)**

- **Calcule  $F_{roz} = F \times \mu$ , fuerza que genera el torque opuesto al giro del motor.**
- **Calcule  $T = F_{roz} \times r_{medio}$**

- **Potencia de fricción (fhp).** Una parte de la potencia indicada desarrollada al quemarse la mezcla aire- combustible, no aparece como potencia al freno ya que se emplea en vencer la fricción en los cojinetes, pistones y otras partes mecánicas del motor, además en la inducción de la carga de aire-combustible y la expulsión de los gases de escape.

**La potencia para realizar éstas tarea se llama la potencia perdida en la fricción o potencia de fricción (FHP). La potencia al freno es menor que la indicada, en una cantidad igual a la potencia consumida en las fricciones del motor. Esta dada por la siguiente ecuación.**

$$\mathbf{FHP = IHP - BHP}$$

**La potencia perdida en las fricciones es difícil de determinar experimentalmente por no haber en método directo para medirla, para este proyecto utilizaremos la expresión anterior.**

- Potencia indicada  $i_{hp}$ . La potencia indicada o primaria es medida sobre los órganos que la producen, pistones de máquinas alternativas o motores.

$$I_{hp} = ( P_i \times L \times A \times N / 4500 \times 100 ) \times n / x$$

**Donde**

**$P_i$  = Presión media efectiva indicada ( kg / cm )**

**L = longitud de la carrera ( cm )**

**A = área de la cara del émbolo en cm**

**N = r.p.m.**

**X = Número de revoluciones necesarias para cada carrera de potencia producida, por cilindro: 2 para motor con ciclo de cuatro carreras.**

**n = número de cilindros en el motor**

- Eficiencia mecánica (Nm). Es la relación o razón de la potencia al freno (BHP), a la potencia indicada (IHP) de un motor. Indica la magnitud de la potencia que se pierde debido a la fricción, en las partes móviles del motor. Se calcula por lo tanto, como el cociente de BHP e IHP la ecuación para determinar por lo tanto,

$$Nm = BHP / IHP$$

3.2.4. Preguntas. - ¿Es mayor el consumo de gasolina a medida que aumentan las RPM?. ¿Porqué?.

- **Grafique el consumo de gasolina Vs RPM y explique el comportamiento.**
- **Grafique la relación A/C (gasolina) Vs RPM y explique el comportamiento.**
- Grafique BHP Vs RPM
- Grafique torque Vs RPM
- De las curvas características del motor explique su comportamiento.

### **3.3. EXPERIMENTO DE LABORATORIO UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE GAS NATURAL**

**3.3.1. Objetivo.** - Determinar el consumo de G.N.C. del motor a diferentes regímenes.

- **Analizar la relación aire-combustible (GNC) a diferentes regímenes.**
- **Calcular la Potencia al Freno (BHP)**
- **Calcular la Potencia de Fricción (FHP).**
- **Calcular la Potencia Indicada (IHP).**

- **Calcular la Eficiencia Mecánica**

### **3.3.2. Equipos utilizados. - Motor de cuatro tiempos.**

- **Medidor de consumo de gas natural (referencia MG-2).**
- **Sistema de medición de flujo de aire.**
- **Tacómetro (RPM).**
- **Cronómetro.**
- **Freno de Fricción**

**3.3.2. Procedimiento.** - Antes de dar marcha al motor repase los procedimientos preoperacionales de arranque del motor cuando trabaja con GNC.

- **Arranque el motor y ajuste el acelerador 30 segundos a 1200 r.p.m. para que se caliente el motor.**
- **Estabilice el motor en ralentí.**
- **Realice las mediciones de consumo de gas natural (Vgn) a diferentes r.p.m. del motor y con el cronometro registre el tiempo empleado en consumirse el volumen seleccionado de gas. Para determinar el consumo de GNC utilice la siguiente ecuación:**

$$Bgn = Vgn * \rho_{gn} / t$$

**Donde:**

**Bgn = Consumo de GNC (Kg/hora)**

**Vgn = Volumen de GNC.**

**$\rho_{gn}$  = Peso específico del GNC ( $\rho_{gn} = 6.1 \times 10^{-4}$  Kg/l)**

Complete la Tabla 3.

- **En la misma tabla, donde aparece la columna relación aire combustible (A/C) registre los datos obtenidos de acuerdo a la siguiente relación matemática:**

$$A/C = Gr/Bgn$$

**Donde:**

**A/C = Relación aire-combustible**

**Bgn = Consumo de GNC**

- **Calcule la Potencia al Freno (BHP), Potencia de Fricción (FHP) y Potencia Indicada (IHP) siguiendo los mismos pasos de cuando se trabajo con gasolina.**
- **Complete la tabla 3 con los datos.**

**3.3.4. Preguntas. - ¿Es mayor el consumo de GNC a medida que aumentan las RPM?. Explique.**

- **Grafique el consumo de GNC Vs RPM y explique el comportamiento.**
- **Grafique la relación aire-combustible (GNC) y explique el comportamiento.**
- Grafique BHP Vs RPM
- Grafique torque Vs RPM
- De las curvas características del motor explique su comportamiento.

### **3.4. EXPERIMENTO DE LABORATORIO PARA GRAFICAR EL CICLO OTTO**

**3.4.1. Objetivo. - Obtener la gráfica de presiones de combustión Vs ángulo de giro utilizando como combustible gasolina.**

- **Obtener la gráfica de presiones Vs ángulo de giro utilizando como combustible GNC.**
- **Analizar diferencias entre las gráficas.**

3.4.2. Equipos utilizados. - Motor de cuatro tiempos.

- **Graficador de presiones.**
- **Sistema de suministro de combustible (gasolina).**
- **Sistema de suministro de combustible (GNC).**



- **Tacómetro.**

**3.4.3. Procedimiento.** - **Antes de dar marcha al motor repase los procedimientos preoperacionales descritos en el Capítulo 2.**

- **Opere el graficador de acuerdo a los procedimientos descritos en el Capítulo 2.**
- **Arranque el motor y realice gráficas de presiones utilizando como combustible gasolina y luego con gas natural.**
- **Una vez finalizado el laboratorio pare el motor.**

**3.4.4. Preguntas.** - **Defina cada uno de los cambios de la trayectoria de las gráficas obtenidas utilizando los distintos combustibles (gasolina - gas natural). Explique.**

- **¿ Por qué se presentan variaciones en los picos de las gráficas obtenidas utilizando gasolina y gas natural?. Explique.**
- **¿La máxima presión en qué posición se da con relación al giro?**
- **¿ Por qué el desfase de posición de un combustible con respecto al otro?**

## 4. CALCULO DE LOS LABORATORIOS Y CONCLUSIONES

### 4.1 CALCULO DEL CONSUMO DE AIRE

Estando el motor encendido con gasolina y con G.N.C., realice las diferentes lecturas del manómetro diferencial en U en la columna correspondiente a  $\Delta h$  (cm) en las tablas.

Calcule el consumo de aire con la siguiente ecuación utilizando ambos combustibles.

$$Gr = 28,13 \sqrt{(\Delta h)} \text{ kg / hora}$$

#### CALCULO TIPO

Para el calculo de Gr a 1000 RPM, utilizando gasolina:

$$Gr = 28,13 \sqrt{(1,7 \text{ cm})}$$

$$Gr = 36,67 \text{ kg / hora Gasolina}$$

Para el cálculo de Gr a 1000 RPM utilizando G.N.C.

$$Gr = 28,13 \sqrt{0.3} \text{ kg / hora}$$

$$Gr = 15,40 \text{ kg /hora Gas Natural}$$

Registre estos valores en las tablas correspondientes.

Calcule la cantidad de aire teórica del motor por medio de la siguiente ecuación

$$Gt = (1 / t) ( Z. A. L. N ) \times \rho_{\text{aire}} \quad \text{ó} \quad Gt = 0,1184 (N) \text{ kg/hora}$$

Donde :

$$t = 2, \text{ para motores 4 tiempos}$$

$$Z = \# \text{ de cilindros}$$

$$A = \text{Area del cilindro}$$

$$L = \text{Carrera del cilindro}$$

$$N = 1000 \text{ RPM}$$

$$\rho_{\text{aire}} = \text{peso especifico del aire}$$

$$Gt = 118,4 \text{ Kg / hora}$$

Calcule el rendimiento volumétrico cuando el motor trabaje con Gasolina y Gas Natural

$$Nv = Gr / Gt \quad (\text{Calculo a 1000 RPM})$$

$$N_v = 28,13 / 118,4 = 0,23 \text{ para gasolina}$$

$$N_v = 15,40 / 118,4 = 0,13 \text{ para gas natural}$$

## 4.2. CALCULO DEL CONSUMO DE GASOLINA

- Para este laboratorio se mantuvo constante el volumen de gasolina en la unidad de tiempo, dicho volumen es de  $18,67 \text{ cm}^3$  que equivalen a 3 divisiones de la pipeta graduada, acoplada al medidor de combustible.
- Con un cronómetro se obtiene el tiempo que dure en consumirse la cantidad de gasolina seleccionada a las r.p.m. indicadas.

El consumo de combustible se calcula por medio de la siguiente ecuación un  $t = 230 \text{ sg}$  a  $1000 \text{ r.p.m.}$ .

$$B_g = V_g * \rho_g / t$$

Donde

$B_g =$  consumo de gasolina (kg / h)

$$V_g = 18,67 \text{ cm}^3$$

$$\rho_g = 7,2 \times 10^{-4} \text{ Kg} / \text{cm}^3$$

$T =$  tiempo  $230 \text{ sg}$

**Con gasolina**

$$\mathbf{Bg = 18,67 \text{ cm}^3 \times 7,2 \times 10^{-4} \text{ Kg/cm}^3 \times 3600 \text{ sg} / 230 \text{ sg} \times 1 \text{ hora}}$$

$$\mathbf{Bg = 13,10 \text{ Kg/h}}$$

- **Para el calculo de la relación aire-combustible se divide los valores de la columna de Gr entre Bg.**

$$\mathbf{A/c = Gr/ Bg}$$

**Donde**

**Gr = consumo de aire**

**Bg = consumo combustible**

$$A/c = 13,10 / 36,6 = 0,357$$

- **Registrar los valores en la tasca y realizar las diferentes gráficas.**

#### **4.3. CALCULO DEL CONSUMO DE GAS NATURAL**

- **Para este laboratorio se mantuvo 20 litros de gas natural para cada r.p.m.. Se calcula el tiempo en el cual se obtiene la lectura del consumo de combustible leída en el medidor MG-2.**

De la siguiente formas se obtuvo el consumo de gas natural a 1000 r.p.m. y una lectura de 20 litros.

$$Bgn = Vgn \times \rho_{gn} / t$$

Donde

$$Bgn = \text{consumo gas natural (kg / h)}$$

$$Vgn = 20 \text{ L}$$

$$\rho_{gn} = 6,1 \times 10^{-4} \text{ (Kg/h)}$$

$$T = 45,6 \text{ sg}$$

$$Bgn = 20 \text{ L} \times 6,1 \times 10^{-4} \text{ (Kg/L)} \times 3600 \text{ sg} / 45,6 \text{ sg} \times 1 \text{ hora}$$

$$\Rightarrow Bgn = 0,9631 \text{ Kg/hora}$$

La relación aire combustible se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$A/c = Gr / Bgn$$

En este caso

$$A/c = 30,81 \text{ Kg/h} / 0,9631 \text{ Kg/h}$$

$$A/c = 31,99$$

#### 4.4. CALCULO DE LA POTENCIA AL FRENO

Estando el motor a 1000 RPM, accione el pedal del freno y lea el valor que indica el manómetro, en este caso marcó 50 Psi (gasolina) y 40 (gas natural).

- Se procede a calcular la fuerza de empuje axial a lo largo del pistón en kg.

$$P = F_a/A = F_a = P \times A$$

P= Presión (manómetro)

A= Area del pistón que empuja las pastillas (0,003 m)

- Para gasolina

$$F_a = 50 \times 0,003 \times 703,1$$

$$F_a = 105,46 \text{ kg.}$$

Donde 703,1 factor de conversión que da  $F_a$  en kg.

- Para Gas

$$40 \times 0,003 \times 703,1$$

$$F_a = 84,37 \text{ kg.}$$

- Se calcula la fuerza de fricción  $F_{ROZ}$

$$F_{ROZ} = \mu \cdot F_a$$

$\mu$  = Coeficiente de fricción ( $\mu = 0,25$ )

- Para Gasolina

$$F_{ROZ} = 0,25 \times 105,46$$

$$F_{ROZ} = 26,36 \text{ kg}$$

- Para Gas

$$F_{ROZ} = 0,25 \times 84,37$$

$$F_{ROZ} = 21,2 \text{ kg}$$

Se calcula el toque del motor

$$T = F_{ROZ} \times r_{\text{medio}}$$

$$r_{\text{medio}} = \text{Radio medio del disco } (r_o + r_i) / 2 = 0,1 \text{ m}$$

- Para Gasolina

$$T = 26,36 \times 0,1$$

$$T = 2,63 \text{ Kg} \times \text{m}$$

- Para Gas

$$T = 21,2 \times 0,1$$

$$T = 2,12 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Se calcula los hp del motor

$$Cv = T \times \text{r.p.m.} / 716,2$$

- Para Gasolina

$$Cv = 2,63 \times 1000 / 716,2 = 3,67 \text{ cv}$$

$$\Rightarrow \text{BHP} = 3,8 \text{ hp}$$

- Para Gas



$$Cv = 2,12 \times 1000 / 716,2 = 2,96 \text{ cv}$$

$$\Rightarrow \text{BHP} = 3,1 \text{ hp}$$

#### **4.5. CALCULO POTENCIA INDICADA**

**Del diagrama indicador de presiones se observa que las alturas P, son proporcionales a las presiones sobre el émbolo del motor. La altura del diagrama, tomada en unidades convenientes de presión, es la presión media efectiva indicada.**

$$\text{IHP} = \text{Pi} \times \text{L} \times \text{A} \times \text{N} / (4500 \times 100) \text{ n} / \text{x}$$

**Donde**

$$\text{Pi} = 110 \text{ psi} = 7,67 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\text{L} = 6,3 \text{ cm}$$

$$\text{A} = 59,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{N} = 1000 \text{ r.p.m.}$$

**X = 2 para motor con ciclo de cuatro carreras.**

**n = 4 cilindros**

$$\text{IHP} = 7,67 \times 6,3 \times 59,5 \times 1000 / (4500 \times 100) \text{ 4} / \text{2}$$

$$\Rightarrow \text{IHP} = 12,77 \text{ hp con Gasolina}$$

$$\text{IHP} = 7 \times 6,3 \times 59,5 \times 1000 / (4500 \times 100) \text{ 4} / \text{2}$$

$$\Rightarrow \text{IHP} = 11,66 \text{ hp con Gas}$$

Una vez obtenidas las potencias IHP y BHP calculamos el rendimiento mecánico a 1000 RPM

$$\text{Nm} = \text{BHP} / \text{IHP}$$

- Para gasolina

$$\text{Nm} = 3,8 / 12,77 \quad \Rightarrow \text{Nm} = 0,297$$

- Para gas natural

$$\text{Nm} = 3,04 / 11,66 \quad \Rightarrow \text{Nm} = 0,26$$

#### 4.6. CALCULO POTENCIA DE FRICCIÓN

Una vez obtenidas la potencia al freno y la indicada para 1000 r.p.m., se procede al cálculo de la potencia de fricción.

$$\text{FHP} = \text{IHP} - \text{BHP}$$

$$\text{FHP} = 12,77 - 3,8 = 8,97 \text{ hp}$$

$$\Rightarrow \text{FHP} = 8,97 \text{ hp con Gasolina}$$

$$\text{FHP} = 11,66 - 3,04 = 8,62 \text{ hp}$$

**$\Rightarrow$  FHP= 8,62 hp con Gas**



#### **4.7.GRAFICAS DEL DIAGRAMA INDICADOR**

**Se obtuvieron dos tipos de diagramas del ciclo Otto abierto, de acuerdo al combustible utilizado y para unas revoluciones de 1000 RPM. Gasolina ver Gráfica 11 y gas natural ver Gráfica 12.**





## **5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO (G.N.C.)**

### **5.1. VENTAJAS QUE PRESENTA EL G.N.C**

- **Menor consumo de aceite debido a que con el uso de este combustible, no se produce la dilución del aceite ya que el G.N.C no se condensa en las partes frías del cilindro.**
- **No se presentan depósitos de carbón, y la producción de gomas es mínima y por lo tanto el motor no se ensucia tanto por dentro, esto prolonga el tiempo entre mantenimiento.**
- **En los gases de escape se presentan menos proporción de monóxido de carbono lo que implica una menor contaminación ambiental.**
- **El uso de G.N.C. en los motores produce un funcionamiento suave del motor; aguanta más la marcha sin tener que soportar tironazos, y las aceleraciones son excelentes sin que aparezca la detonación**



## **5.2. DESVENTAJAS DEL G.N.C.**

- **Incremento del peso del vehículo y reducción del espacio por la instalación de los cilindros de almacenamiento.**
- **Se produce una disminución de potencia que varía entre el 10 y 15% pero esta solo se nota en las aceleraciones, por lo que en operaciones normales no son realmente apreciables**

## **6. CONCLUSIONES**

**El rendimiento volumétrico disminuye al aumentar las revoluciones del motor. Esto es debido a que cuando mayor es la velocidad del motor menos es el tiempo que se dispone para del cilindro.**

**El flujo de aire que entra al motor debe antes de llegar a este recorrer 3 a 4 mts de tubería a 2 o varios codos, el tanque de compensación y la platina de orificio. Esto hace que por efecto de las perdidas en el momento de la admisión no alcance a entrar en el cilindro toda la cantidad de aire que normalmente debería entrar al motor.**

**El motor es viejo y como tal no tiene las misma optimización para lograr los mayores rendimientos.**

**La relación aire- combustible promedio es muy alta, esto es debido al estado del motor y un desequilibrio en el sistema de carburación, pero se observa claramente la zona económica y de alta potencia, donde la relación A / c tiende a ser mas rica.**

**A partir del punto de mayor rendimiento (2100 r.p.m. ); osea mas cercano a una mezcla químicamente correcta, la mezcla se empobrece nuevamente al aumentar las revoluciones del motor, ya que este para alcanzar su máxima potencia necesita de un exceso de aire.**

**Rendimiento volumétrico disminuye a partir de 2100 r.p.m. puesto que a mayor r.p.m. se logra mantener el tiempo necesario para llenarlo del cilindro.**

**El rendimiento volumétrico cuando se trabaja el motor con gas natural es menor que cuando se trabaja con gasolina y, que el volumen del gas desplaza el aire en el motor.**

**Se obtiene la potencia máxima cuando se consume todo el aire contenido en el cilindro osea cuando todo el aire se quema en la forma de una relación A/c, rica; en tanto que se obtiene la máxima economía cuando se emplea una mezcla pobre.**

**El consumo de combustible depende principalmente de la regulación del carburador, ajustándose en la zona media de revoluciones según la carga de los motores, los cuales consumen el más de combustible a bajo o a elevado número de revoluciones.**

## **7. RECOMENDACIONES**

- **Utilice aceite SAE 40 para el motor. La periodicidad del cambio realícelas cada 200 horas de trabajo del motor, ya que se estará operando con gasolina y gas natural.**
- **Ya que el equipo trabaja esencialmente con dispositivos eléctricos y dispositivos accionados por señales de vacío del motor por lo que es absolutamente indispensables que al realizar trabajos sobre el equipo de gasolina ( carburador) no se dejen cables sueltos o mangueras desacopladas que permitan el mal funcionamiento del equipo cuando trabaje con gas natural.**
- **En el momento de sincronizar el motor para trabajar con ambos combustibles se indispensable que sólo sea manejo por personal técnico especializado y con los respectivos equipos necesarios (lámpara de sincronización).**

- **No manipular la instalación del Kit de conversión, no realice ningún cambio de éstas ni sobre ninguna de las partes correspondientes al equipo de gas natural, todo este conjunto ha sido montado, calibrado y probado por personal idóneo y técnicos especialmente entrenados para ese fin y su instalación y funcionamiento ha sido controlado y aprobado por Promigás S.A. Ante cualquier problema debe recurrir a un taller de servicio autorizado.**
- **Lubricar con grasa el mecanismo sinfín- corona del graficador de presiones.**
- **Verificar el estado de las correas que accionan el sistema de refrigeración – generación y mecanismo del graficador de presiones.**
- **Antes de arrancar el motor verificar que los distintos manómetros instalados en el banco se encuentren en óptimas condiciones.**

## **BIBLIOGRAFIA**

**AGUIRRE Esponda, Guillermo. Diseño de Elementos de Maquinas. Mexico. Trillas, 1980.**

**ENCICLOPEDIA DE LA TÉCNICA Y DE LA MECÁNICA. Loreto, 16- Barcelona , 29-España 1977. Pag. 210-217.**

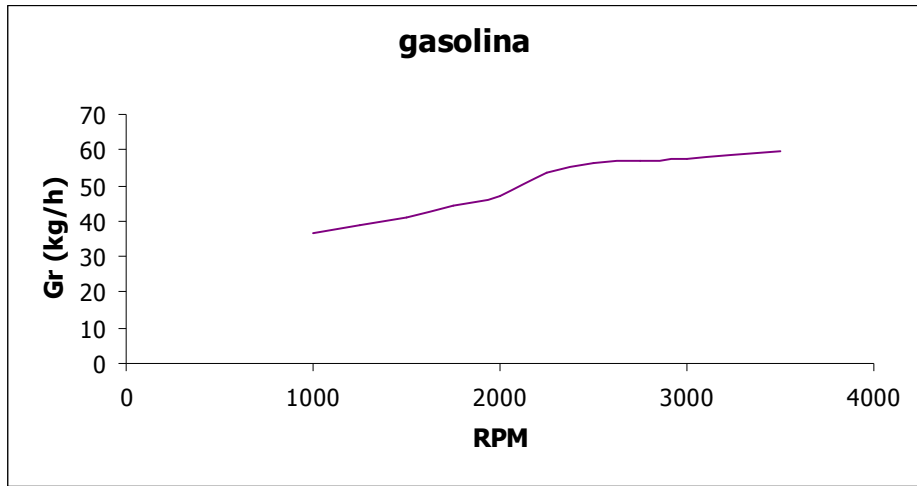
**J.M. Alonso. Técnicas del automóvil. Madrid, Paraninfo, 1984.**

**MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico. 8 ed. México. Mc. Graw Hill, 1978. Vol 1**

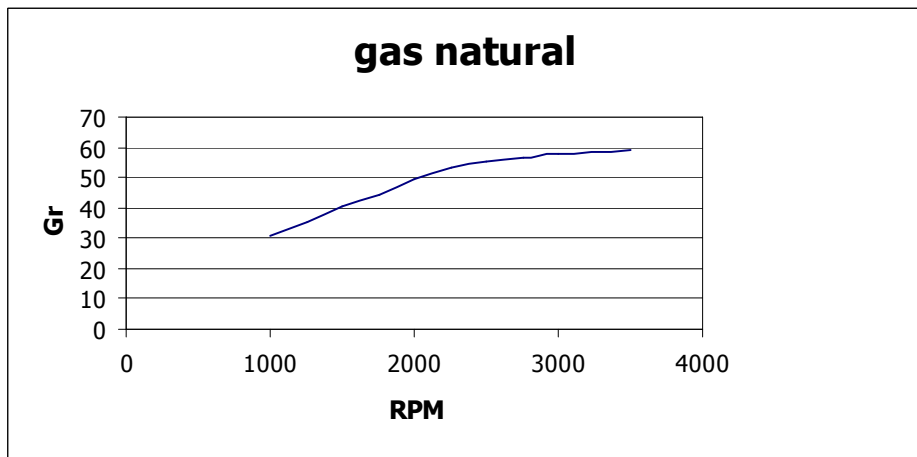
**MORING Faires, Virgil. Diseño de Elementos de Maquinas. Uteha Noriega Editores. México**

**OBERT, Edward F. Motores de combustión interna. Análisis y aplicaciones. México, Continental 1966**

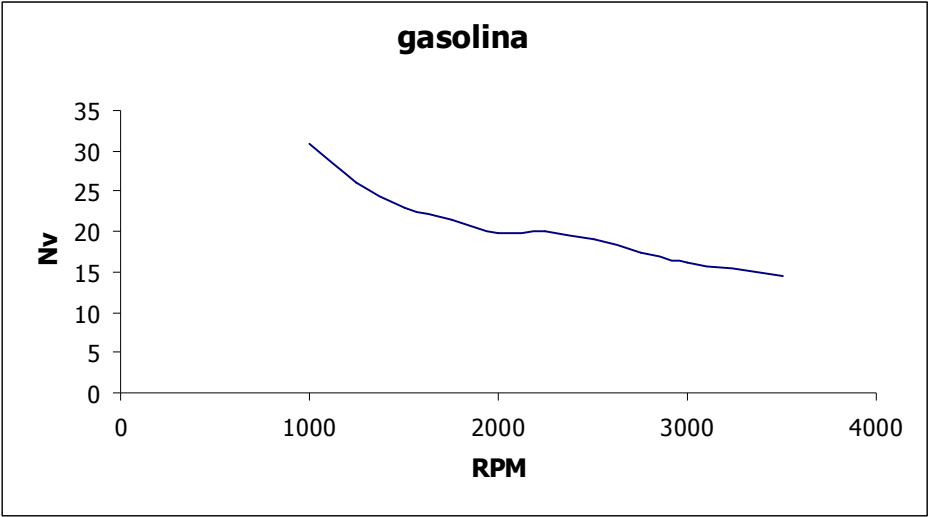
**ANAYA, Carlos R. PADRON, Rafael T. y SANTOYA, Jose D. Banco de pruebas para el estudio de los parámetros básicos de un motor de encendido por chispa utilizando gasolina y gas. Proyecto de grado. Corporación Universitaria de Bolivar. Cartagena 1992.**



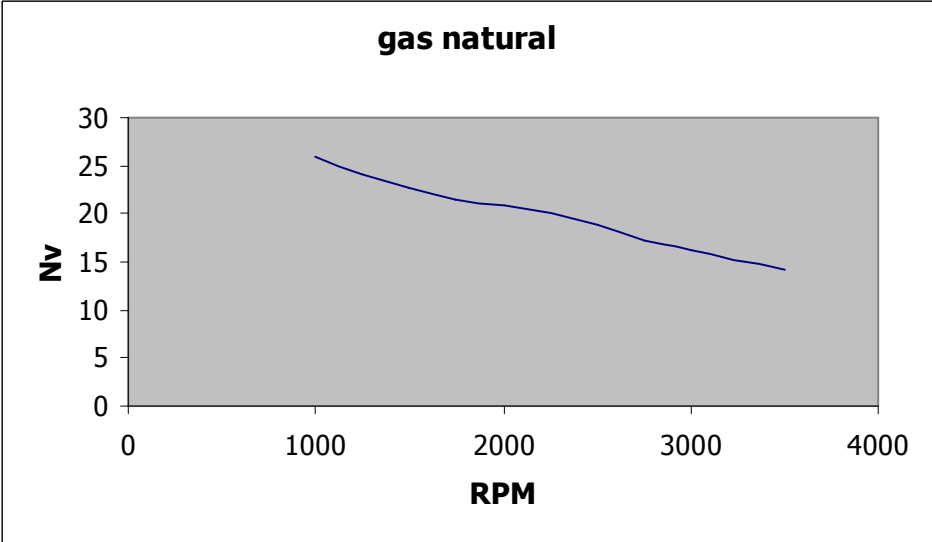
Gráfica 1



Gráfica 2

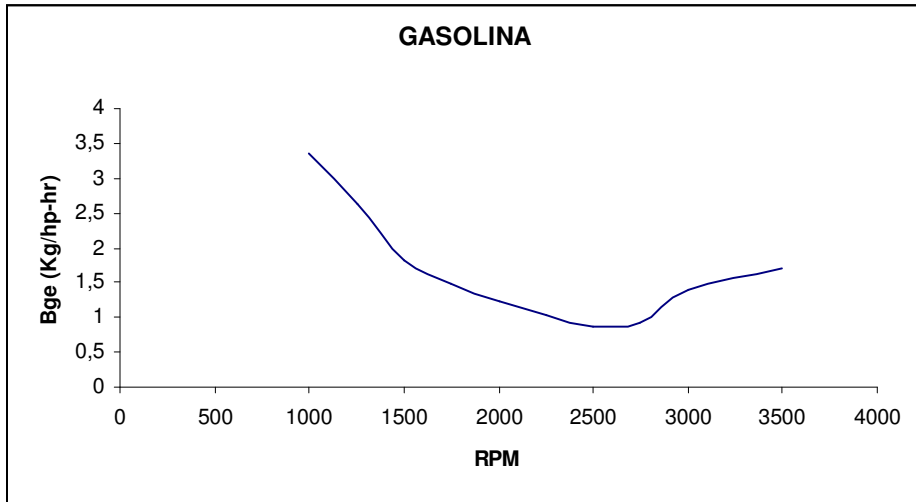


Gráfica 3

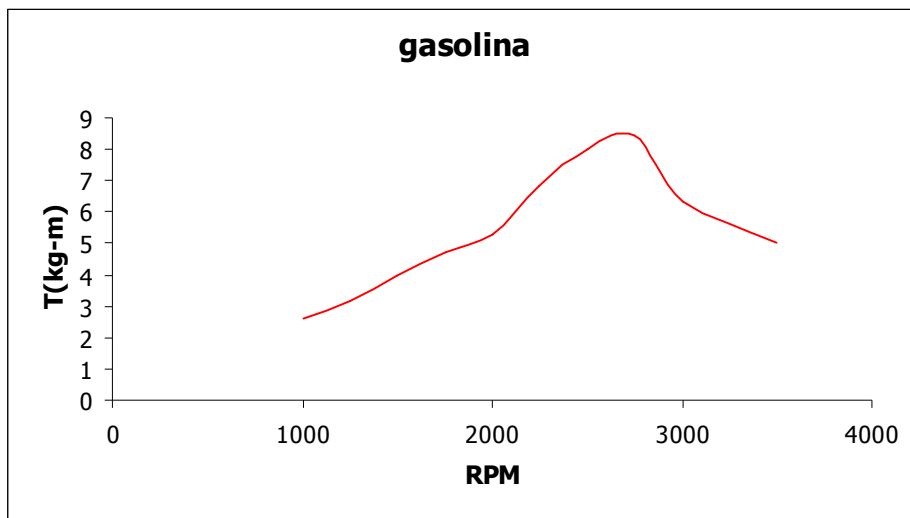


Gráfica 4

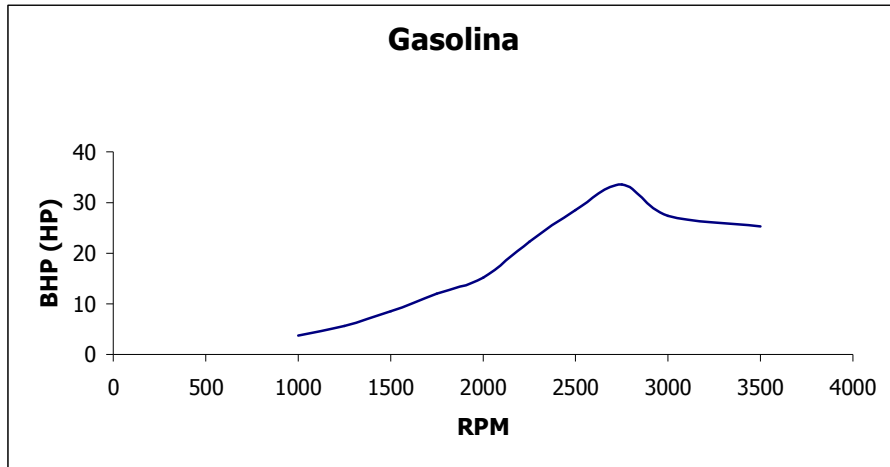




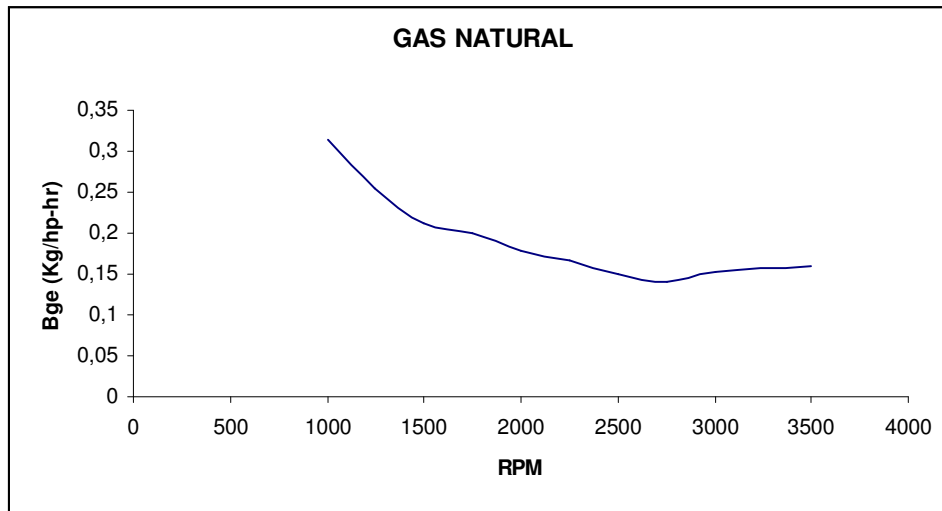
Gráfica 5



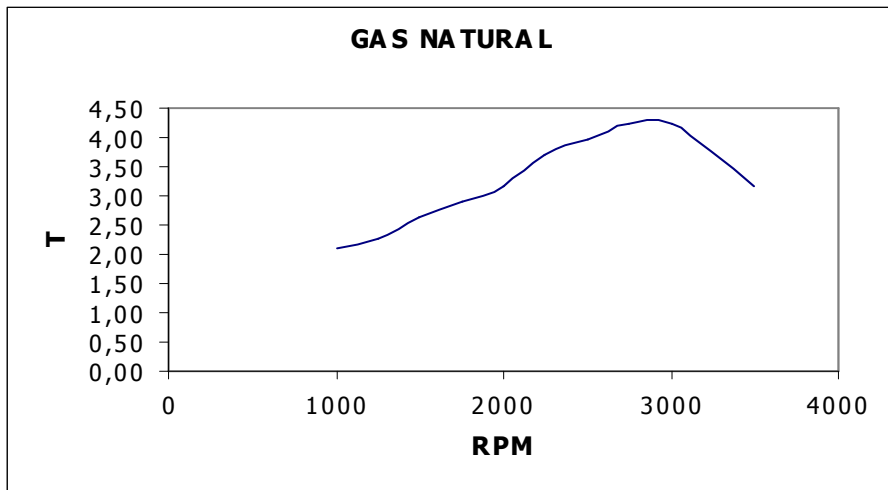
Gráfica 6



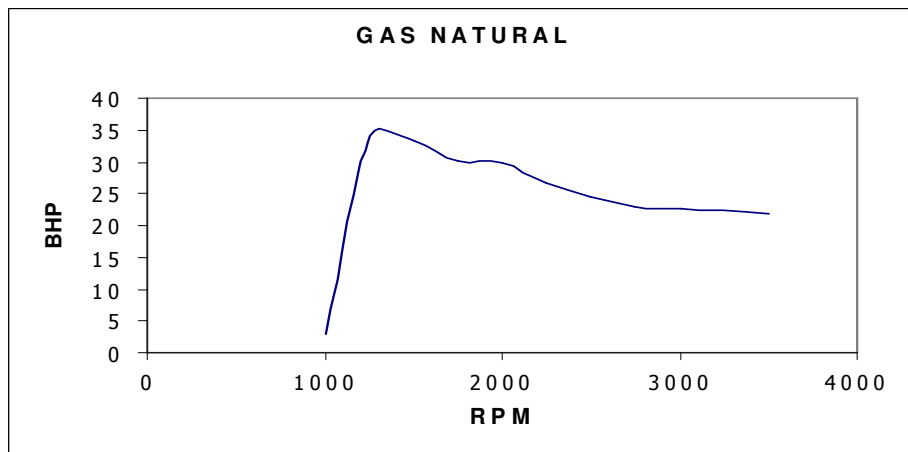
Gráfica 7



Gráfica 8



Gráfica 9



Gráfica 10

Tabla 2. Datos utilizados con gasolina.

DATOS LEIDOS					DATOS CALCULADOS										
RPM	$\Delta h$ (cm <sup>3</sup> )	t (seg)	Vol (cm <sup>3</sup> )	P (Psi)	Gr (Kg/hr)	Gt (Kg/hr)	Nv (Gr/Gt)	Bge (Kg/hp-hr)	A/C	BHP (hp)	T (Kg.m)	IHP (hp)	FHP (hp)	Nm %	Nt %
1000	1.7	230	18.67	50	36.6	118.46	30.89	3.35	35.7	3.91	2.67	12,77	8,86	0.31	1.75
1250	1.9	200	18.67	60	38.77	148.07	26.18	2.64	38.8	5.7	3.17				2.22
1500	2.1	188	18.67	75	40.76	177.69	22.93	1.83	39.3	8.79	4.0	22,64	14,09	0.39	3.21
1750	2.5	170	18.67	90	44.47	207.3	21.45	1.48	39.8	12	4.74				3.96
2000	2.8	160	18.67	100	47	236.92	19.83	1.22	40	15.5	5.3	32,52	17,32	0.47	4.81
2250	3.6	130	18.67	130	53.37	266.53	20.02	1.04	43.4	22.23	6.85				5.64
2500	4.0	119	18.67	150	56.26	296.15	18.99	0.86	45	29.32	8.0	43,56	15,06	0.67	6.83
2750	4.1	100	18.67	160	57	325.76	17.49	0.91	52.8	33.5	8.44				6.45
3000	4.2	77	18.67	120	57.64	355.38	16.22	1.4	67.8	27.85	6.33	53,32	25,95	0.52	4.2
3500	4.5	69	18.67	95	59.67	414.61	14.39	1.7	73.1	25.7	5.0	63,03	37,76	0.40	3.45

Tabla 3. Datos utilizados con gas natural.

DATOS LEIDOS					DATOS CALCULADOS										
RPM	$\Delta h$ (cm3)	t (seg)	Vol (cm3)	P (Psi)	Gr (Kg/hr)	Gt (Kg/hr)	Nv (Gr/Gt)	Bg (Kg/hp-hr)	A/C	BHP (hp)	T (Kg.m)	IHP (hp)	FHP (hp)	Nm %	Nt %
1000	1.2	45.6	20	40	30.81	118.4	26.02	0.35	32	3.04	2.11	11,66	8,62	0.26	
1250	1.6	42	20	43	35.58	148	24.04	0.254	34.21	4.085	2.26				
1500	2.1	36	20	50	40.76	177.6	22.78	0.211	33.4	5.78	2.63	24,39	18,69	0.24	
1750	2.5	30	20	55	44.47	207.12	21.46	0.200	30.25	7.315	2.9				
2000	3.1	26.4	20	60	49.52	236.8	20.91	0.179	29.83	9.26	3.16	38,31	29,11	0.24	
2250	3.6	23	20	70	53.37	266.4	20.03	0.167	26.68	11.97	3.7			1	
2500	3.9	19.4	20	75	55.55	296	18.76	0.15	24.58	14.95	3.95	49,35	34,4	0.30	
2750	4.0	187	20	80	56.26	325.6	17.27	0.14	23	16.72	4.22				
3000	4.2	17.3	20	80	57.69	355.2	16.23	0.152	22.7	16.72	4.22	60,97	44,25	0.27	
3500	4.4	16.4	20	60	59	414.4	14.23	0.160	22	15.96	3.16	71,13	55,17	0.22	