

UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA

**ESTUDIO TÉCNICO DEL MOTOR DE GASOLINA DE ASPIRACIÓN
NATURAL Y TURBOCARGADO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:
VIDALES CHÁVEZ, HUMBERTO

ASESOR: SALGADO GONZÁLEZ, JORGE

MÉXICO, D. F.

1992



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Universidad LA SALLE 300 617

Esc. de Ingeniería

78

29

Al Pasante Señor

Humberto Vidales Chávez

Ingeniero Mecánico Electricista

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud., a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Señor Ing. Jorge Salcedo González, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico con área principal en Ingeniería Mecánica.

"ESTUDIO TECNICO DEL MOTOR DE GASOLINA DE ASPIRACION NATURAL Y TURBOCARGADO".

Con el siguiente índice:

CAPITULO I	ANALISIS DEL MOTOR DE ASPIRACION NATURAL
CAPITULO II	ANALISIS DEL MOTOR TURBOCARGADO
CAPITULO III	DIFERENTES TIPOS DE MOTORES TURBOCARGADOS QUE SE UTILIZAN EN MEXICO EN LA ACTUALIDAD
CAPITULO IV	CONTAMINACION AMBIENTAL
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la Tesis, el título del trabajo realizado.

LEA CON
FALLA DE ORIGEN

ATENTAMENTE
" INDIVISA MANENT "
ESCUELA DE INGENIERIA
Mexico, D.F., 15 de Junio de 1990
D I R E C T O R



ING. ARTURO ROJAS DE BENGARDI

INDICE TEMATICO DE LA TESIS.

TITULO: ESTUDIO TECNICO DEL MOTOR DE GASOLINA DE ASPIRACION NATURAL Y TURBOCARGADO.

	pág.
**INTRODUCCION	1
**CAPITULO 1.- Análisis del motor de aspiración natural.	2
1.1.- Generalidades.	2
1.2.- Componentes.	11
1.3.- Funcionamiento.	15
1.4.- Limitaciones.	32
**CAPITULO 2.- Análisis del motor turbocargado.	
2.1.- Generalidades.	34
2.2.- Componentes.	36
2.3.- Funcionamiento.	39
2.4.- Limitaciones.	48
**CAPITULO 3.- Diferentes tipos de motores que se utilizan en México en la actualidad.	
3.1.- Chrysler.	50
3.2.- Nissan.	74
3.3.- General Motors.	81
**CAPITULO 4.- Contaminación Ambiental.	
4.1.- Contaminación producida por motores de combustión interna.	87
4.2.- Reducción de contaminantes en los motores turbo--- cargados.	93
**CONCLUSIONES.	97
**BIBLIOGRAFIA.	101

INTRODUCCION

En los últimos años, el grado de contaminación en todos los países se ha visto dramáticamente incrementado, por lo cual se han tomado diferentes medidas para evitar que algunas de las emisiones de los automóviles sean descargadas a la atmósfera o disminuir su volúmen.

Una solución para evitar que los automóviles continúen contaminando es implementar en ellos sistemas que permitan regular de una forma importante la cantidad de aire y combustible que se combina en los cilindros del motor y procurar que su combustión sea completa; ésto se logra por medio de sensores que informan a un microcomputador el funcionamiento y condiciones de operación del motor. El microcomputador, en base a información previamente almacenada en su memoria, compara los datos que censa, con los correspondientes en su banco de memoria y determina las acciones correctivas convenientes para el funcionamiento adecuado del motor. Esto conduce a una disminución en el gasto de combustible así como de las emisiones contaminantes. es por ésto que diferentes compañías automotrices en México, han empezado a utilizar dichos sistemas.

La presente Tesis, pretende hacer un estudio sobre los diferentes motores turbocargados así como del motor convencional para analizar en cada caso su funcionamiento así como sus ventajas y limitaciones, incluyendo un pequeño estudio sobre contaminación ambiental.

CAPITULO 1.

ANALISIS DEL MOTOR DE ASPIRACION NATURAL.

1.1 GENERALIDADES.

El desarrollo del motor de combustión interna fué posible gracias al invento de la máquina de vapor. Las primeras máquinas de vapor aparecieron en 1841 para activar trilladoras; más tarde se modificaron y surgió el tractor, uno de los primeros vehículos autopropulsados.

El primer motor de combustión interna capaz de funcionar en forma continua, se debió al inventor belga Jean Joseph Etienne Lenoir, que en 1860 construyó su primer motor de gas. En 1862, un ingeniero francés. Alphonse Beau de Rochas, patentó el sistema de cuatro tiempos, en el que se incluía la compresión de una mezcla de aire y combustible.

El principio de los cuatro tiempos fué mejorado por Nikolaus August Otto, fabricante alemán de motores de gas que construyó el primer motor eficaz de cuatro tiempos en 1876, este motor era más potente que el de Lenoir y consumía la cuarta parte de gas para la misma potencia.

El primer automóvil dotado de un motor de combustión interna se terminó en 1885 y fué construido por Karl Benz.

Tanto el motor de gasolina como el de vapor quemando combustible generando así energía en forma de calor que es aprovechada luego para realizar trabajo útil. El motor tiene como misión transformar la energía química contenida en el combustible, en energía mecánica --

mecánica de movimiento y para lograrlo, se aprovecha la fuerza expansiva de los gases que se hacen explotar en el interior de un cilindro, obteniéndose un giro en el eje y así producir un movimiento aprovechable.

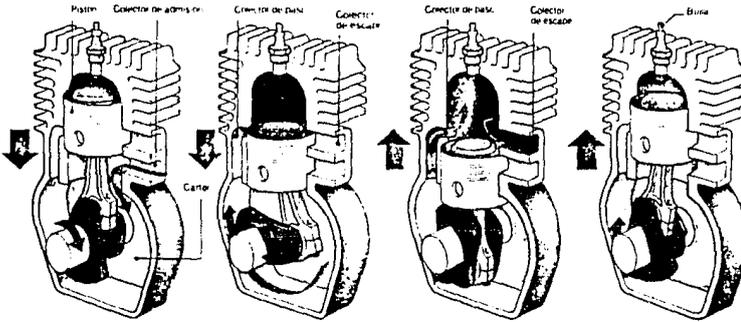
Aunque el motor de gasolina basado en el ciclo de cuatro tiempos de Otto, ha demostrado ser el modelo de más éxito, también se han probado otros. El motor de dos tiempos y el motor de ignición por compresión son ejemplos de otro tipo de motores de combustión interna. En el motor de dos tiempos, la mezcla de combustible y aire situada encima del pistón se comprime e inflama al ascender éste. Simultáneamente, se aspira una nueva mezcla dentro del cárter por debajo del cilindro. Cuando el pistón desciende en su segundo tiempo de retorno expulsa los gases de escape resultantes de la explosión anterior y la mezcla del cárter pasa a lo alto del cilindro. lista para que el pistón la comprima de nuevo.

Una máquina mucho más eficaz, es el motor de encendido por compresión, inventado en Gran Bretaña en 1890 por Herbert Akroyd Stuart. Dos años más tarde, lo mejoró Rudolf Diesel en Alemania, haciéndose tan popular, que hoy se le conoce como " diesel ".

En el motor diesel, el combustible no se inflama por efecto de una chispa como sucede en el motor de dos y cuatro tiempos, sino por el del aire calentado al comprimirse en el cilindro.

En la carrera de admisión, el motor aspira cierto volumen de aire, y en la carrera de compresión lo calienta a temperatura muy-

MOTOR DE DOS TIEMPOS

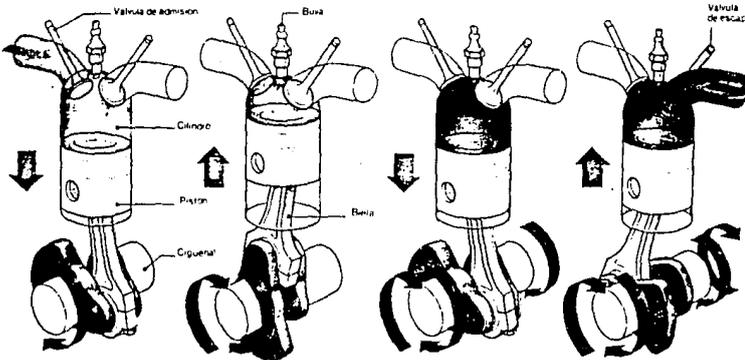


En el ciclo de dos tiempos se produce una secuencia de cuatro operaciones.

—compresión, admisión, escape y paso—, pero queda resumido en dos carreras de pistón. Se necesitan menos partes móviles que en el motor de cuatro tiempos. No se requieren válvulas para abrir y cerrar los colectores de admisión y de escape y, por tanto, tampoco la falla típica de levas (mecanismo que actúa sobre las válvulas). Los colectores se abren y cierran por el movimiento del pistón.

1. Al desplazarse la mezcla empuja el pistón hacia abajo, la nueva mezcla entra en el cárter por el colector de admisión.
2. El pistón empuja la mezcla nueva hacia el colector de paso y comienza a abrir el colector de escape.
3. El colector de paso queda abierto y deja pasar la mezcla a la parte superior del cilindro lo que produce los gases quemados.
4. Al subir, el pistón cierra el colector de escape y comprime la mezcla. La bujía produce una chispa.

MOTOR DE GASOLINA DE CUATRO TIEMPOS

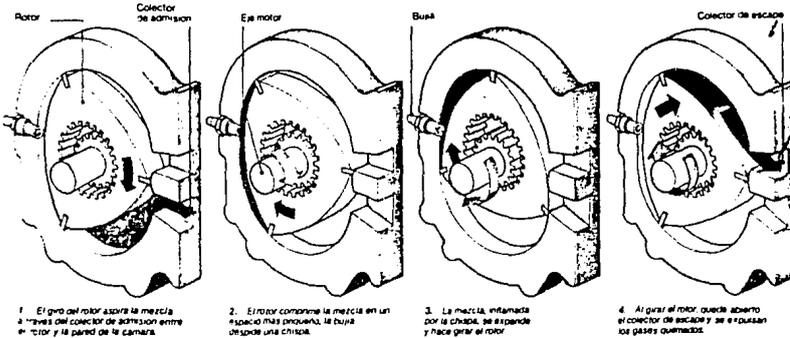


En el ciclo de cuatro tiempos la secuencia del motor —admisión, compresión, explosión y escape— se completa en cuatro carreras de cada pistón del cilindro. Como en todos los motores, excepto el Wankel, el movimiento de varón de los pistones en el cilindro hace girar el cigüeñal por medio de bielas. Esta es la primera fase de un tren de transmisión que hace girar las ruedas mediante el embrague, árbol de transmisión, diferencial y semiejes.

1. El pistón descendente aspira la mezcla en el cilindro a través de la válvula de admisión abierta.
2. Se cierra la válvula de admisión y el pistón ascendente comprime la mezcla, la bujía genera una chispa.
3. La mezcla se inflama con la chispa de la bujía y empuja hacia abajo el pistón.
4. Se abre la válvula de escape, el pistón ascendente empuja los gases quemados del cilindro.

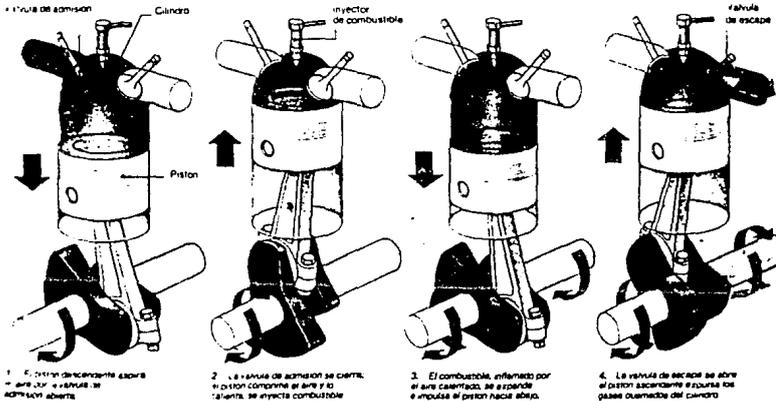
Fig. I.1

MOTOR ROTATIVO WANKEL



El motor Wankel carece de pistones que suban y bajen en los cilindros. En su lugar, un rotor triangular gira en una cámara engranada al eje del motor. El rotor gira excéntricamente alrededor de su eje. Esto y las formas relativas de la cámara y del rotor hace que el espacio existente entre la pared de la cámara y el rotor, donde se produce la ignición, sea muy pequeño y comprima la mezcla. El motor Wankel funciona con más suavidad que un motor de cuatro tiempos convencional.

MOTOR DIESEL



En el motor diesel, o de ignición por compresión, el aire y el combustible no se mezclan en el carburador para formar una mezcla explosiva inflamada por una chispa, sino que se aspira primero el aire en el cilindro. El aire se calienta a temperatura elevada al ser comprimido por el pistón. Se inyecta entonces combustible, que se inflama con el aire caliente. Como no necesita encendido eléctrico ni carburador, el motor diesel es más sencillo que los restantes de cuatro tiempos, excepto el Wankel.

Fig. I.2

elevada, se inyecta combustible y la temperatura del aire lo inflama.

En todos los motores convencionales de gasolina y diesel, la fuerza rotatoria necesaria para hacer girar un cigüeñal no se produce directamente, sino por piezas de movimiento alternativo: pistones y bielas que se mueven hacia arriba y abajo cientos de veces por minuto. El diseño y balanceo cuidadosos han reducido la vibración inevitable en estas máquinas, pero los ingenieros llevan tiempo buscando algún motor que no necesitara piezas con movimiento alternativo y que hiciera girar directamente al eje. El de más éxito es el motor de reacción seguido por el motor Wankel, ideado por el ingeniero alemán Félix Wankel y producido por primera vez en 1956 por la compañía alemana NSU. En el motor Wankel, un rotor triangular engranado al eje del motor, gira en una cámara de combustión impulsado por la mezcla al entrar en ignición. Al girar, el rotor aspira combustible, lo comprime, lo inflama y finalmente lo expulsa como en el ciclo convencional de cuatro tiempos, el resultado es un motor sencillo, de suave funcionamiento y potente, pero el problema del elevado consumo de combustible, el desgaste de las puntas del rotor y la elevada emisión de gases de escape, han impedido que el motor Wankel sustituya a los de movimiento alternativo.

Todos estos motores utilizan una sustancia de trabajo que siempre es un gas, el cual durante la combustión cambia de aire y combustible, a productos de la misma, por tal razón, estas máquinas -

son llamados motores de combustión interna.

El ciclo de Otto de aire normal es un ciclo ideal y se ve representado en los diagramas P-v y T-s de la fig. 1.3.

El proceso 1-2 es una compresión isentrópica del aire a medida que el pistón se mueve del punto muerto inferior al punto muerto superior; después se añade calor a volúmen constante (proceso 2-3) mientras el pistón está momentáneamente en reposo en el punto muerto superior (este proceso corresponde a la combustión de la mezcla aire-combustible del motor real). El proceso 3-4 es una expansión isentrópica de los gases debida a la gran presión y temperatura a volúmen constante.

El rendimiento térmico de este ciclo se encuentra como sigue- suponiendo al calor específico constante:

$$\eta_{\text{Term}} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{m C_v (T_4 - T_1)}{m C_v (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \frac{(T_4/T_1 - 1)}{(T_3/T_2 - 1)}$$

teniendo:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{k-1} = \frac{T_3}{T_4}$$

Por tanto:

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1}$$

y:

$$\eta_{\text{Term}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - (r_v)^{1-k} = 1 - \frac{1}{r_v^{k-1}}$$

donde : r_v = relación de compresión = $\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_4}{V_3}$

CICLO DE OTTO DE AIRE NORMAL

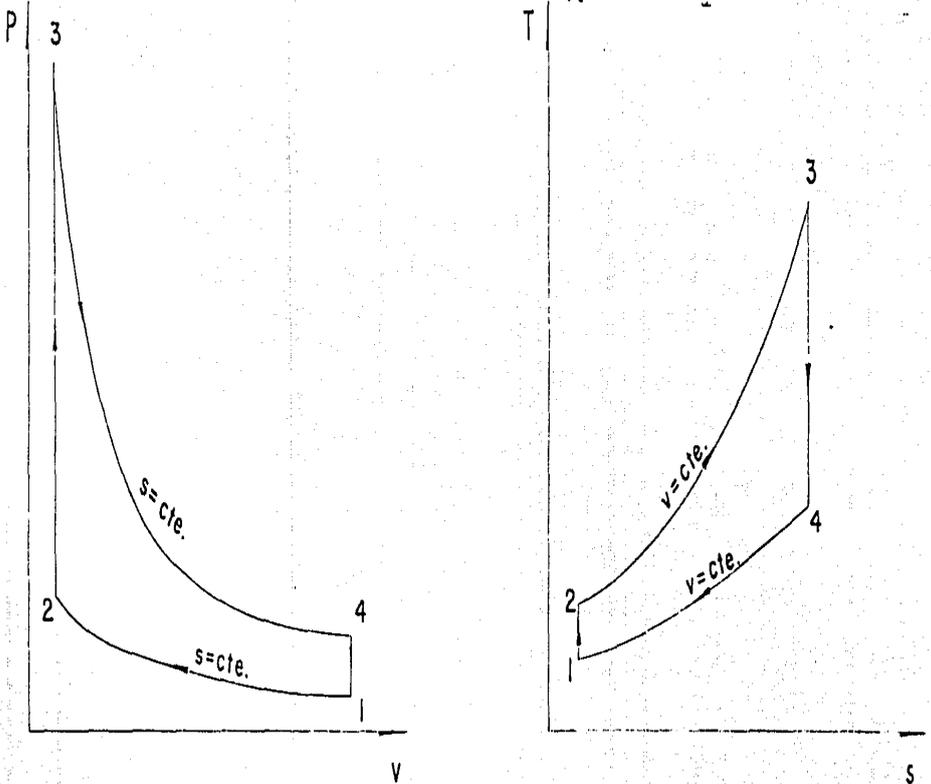


FIG. 1.3

Es importante notar que el rendimiento del ciclo de Otto de aire normal, es función solamente de la relación de compresión y que el rendimiento aumenta, incrementando la relación de compresión. En los motores reales, hay la tendencia de un aumento hacia la detonación (cascabeleo) a medida que aumenta la relación de compresión. La detonación se caracteriza por el quemado extremadamente rápido del combustible y por violentas ondas de presión en el cilindro.

El ciclo Diesel de aire normal es el ciclo ideal del motor diesel, que también se llama motor de ignición por compresión. En este ciclo, el calor es transmitido a la substancia de trabajo a presión constante, este proceso corresponde a la inyección y al quemado del combustible en la máquina real; ya que el gas se expande durante la adición de calor en el ciclo de aire normal, la transmisión de calor debe ser suficiente para mantener la presión constante. Cuando se alcanza el estado 3, cesa la adición de calor y el gas sufre una expansión isentrópica durante el proceso 3-4, hasta que el émbolo llega al punto muerto inferior.

El rendimiento del ciclo diesel está dado por la relación:

$$\eta_{\text{term}} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{C_v(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{k T_2(T_3/T_2 - 1)}$$

donde " k " es la relación de calores específicos: $k = \frac{C_p}{C_v}$
y se conoce como " coeficiente adiabático ".

CICLO DE DIESEL DE AIRE NORMAL

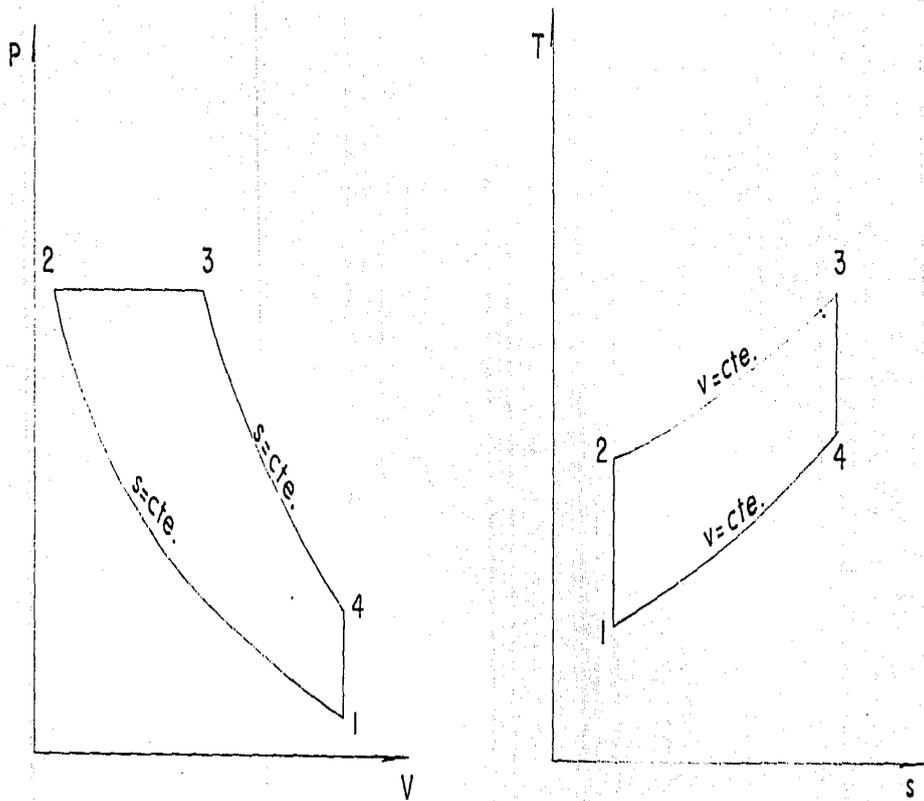


FIG . 1.4

1.2 COMPONENTES DEL MOTOR DE ASPIRACION NATURAL.

La función de un motor básicamente consiste en transformar la energía térmica del combustible en energía mecánica, pero para que esta transformación sea posible hace falta la intervención de los diferentes sistemas de que está compuesto un motor y los cuales son:

a) Sistema de combustible.- Es el encargado de almacenar, conducir y distribuir en forma apropiada el combustible para que sea finalmente quemado en los cilindros del motor. Sus elementos principales son (ver fig. I.5): una bomba (A) que toma el combustible de un depósito (B), lo conduce a través de la línea de combustible (C) y lo deposita en un carburador (D), cuyo funcionamiento será explicado más adelante: el combustible mezclado en el carburador con aire es introducido a los cilindros del motor y ahí es quemado.

b) Sistema de encendido.- Es el encargado de incendiar la mezcla de aire y combustible que se encuentra en el interior del cilindro-- dicho sistema está compuesto por la batería (A), bobina (B), bujías (C) y distribuidor (D), estos elementos se explicarán con más detalle en la parte referente al funcionamiento del motor.

c) Sistema de lubricación.- La finalidad del sistema de lubricación es interponer una partícula de aceite entre las superficies móviles del motor para reducir la fricción entre las piezas y disipar el calor producido por este rozamiento. En este sistema, el a-

ceite se recoge del cárter inferior del motor, donde se halla depositado, por una bomba que lo lleva a los distintos puntos a lubricar.

d) Sistema de enfriamiento.- La refrigeración del motor es necesaria, pues la temperatura alcanzada en el cilindro en el momento de la explosión es de unos 1600 ° C aproximadamente y si no se dispone de refrigeración, la dilatación de los materiales sería tan --- grande que se produciría la deformación de las piezas. El sistema de refrigeración empleado en la mayoría de los motores se realiza con agua y el movimiento de ésta puede hacerse por medio de una -- bomba (A) que gira con el ventilador (B), recogiendo el agua del depósito (C) a través del conducto (D) enviándola a las camisas -- (E) y de ahí al conducto (F) del radiador (H), pasando por él para que se refrigere. (Ver figs. 1.7, 1.8).

e) Sistema de generación.- Este sistema tiene por objeto convertir parte de la energía mecánica del motor en energía eléctrica para a alimentar todos los accesorios eléctricos del vehículo y para mantener el acumulador plenamente cargado. Está compuesto este sistema por el acumulador, un regulador de voltaje y un generador acoplado por una banda directamente al motor (Ver fig. 1.9).

Cabe hacer notar que en la presente Tesis se hará únicamente el estudio del sistema de encendido y del sistema de combustible.

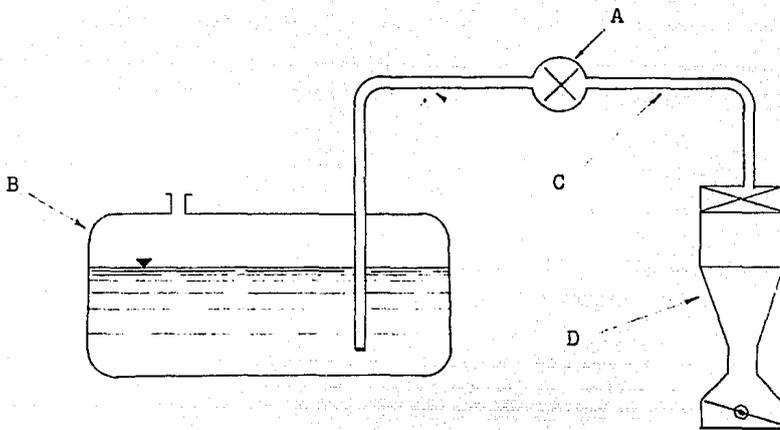


FIG. 1.5 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

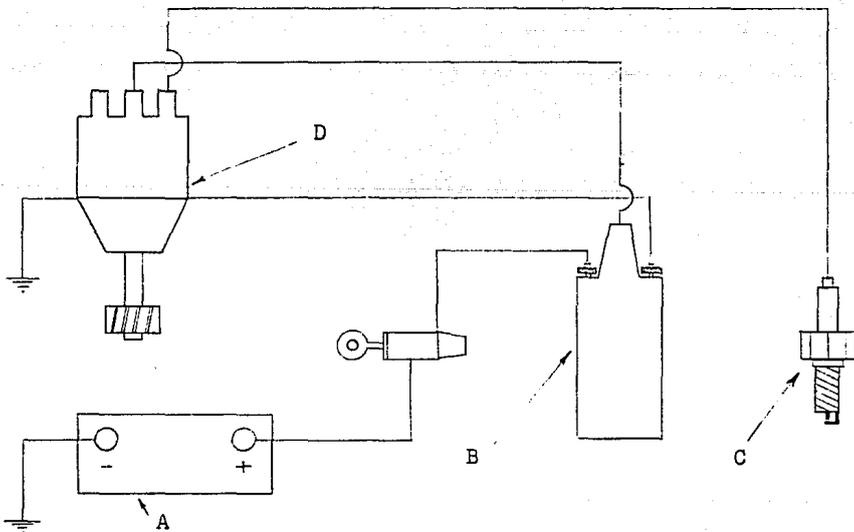
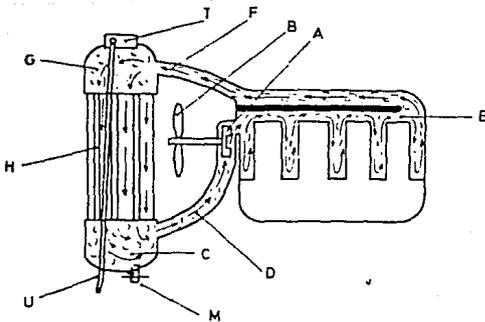
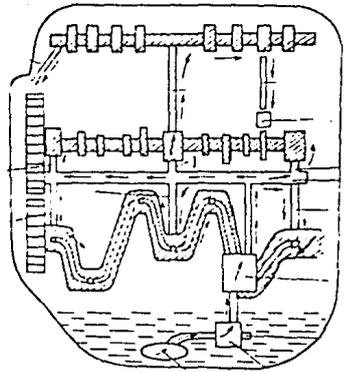


FIG. 1.6 SISTEMA DE ENCENDIDO

SISTEMA DE LUBRICACION

Fig. 1.7

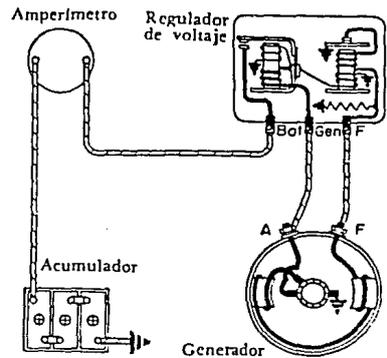


SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Fig. 1.8

SISTEMA DE GENERACION

Fig. 1.9



1.3 FUNCIONAMIENTO.

Todos los motores de combustión interna producen su potencia por el quemado de combustible, utilizando directamente en el cilindro su energía química transformada en calor, el cual a su vez al elevar la temperatura y la presión de los productos de la combustión dá origen a una expansión de los gases resultantes que empujan a un pistón de recorrido libre dentro del cilindro en que está contenido.

El cigüeñal que sólo tiene movimiento de rotación, es movido por la biela que a su vez está unida al pistón en uno de sus extremos. Al punto en el que el pistón termina su recorrido ascendente, ésto es, cuando pistón y biela están alineados, se le llama " Punto muerto superior " (P.M.S.); de la misma forma, al punto en el cual el pistón termina su recorrido descendente, se le llama "Punto muerto inferior" (P.M.I.). A la longitud total del recorrido del pistón, o sea, a la distancia que existe entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior se le llama carrera del pistón.

En la parte superior del cilindro, se encuentran dos cámaras o conductos que son llamados " múltiples " por donde entran o salen los gases que van a ser quemados, o los que resultan de la combustión. La entrada y salida de los gases es gobernada por válvulas que abren y cierran en tiempos predeterminados, esta acción de apertura y cierre está dada por una serie de levas montadas en un

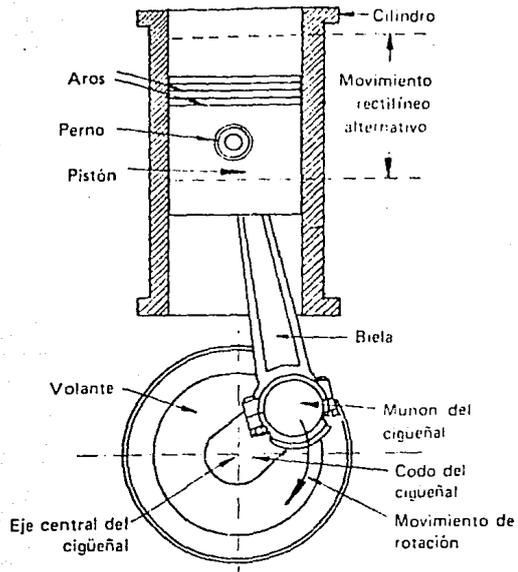


Fig. I.10

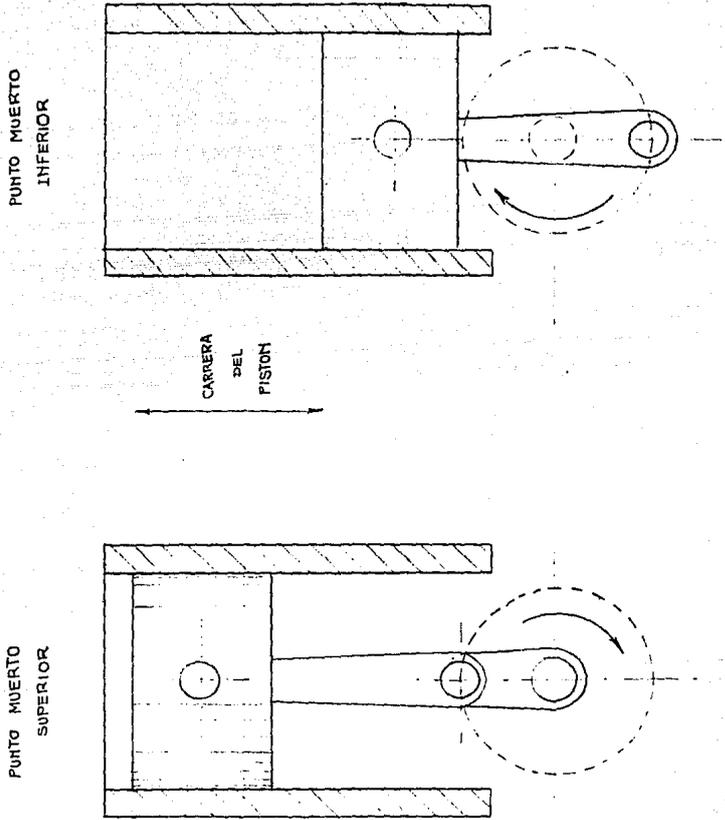


Fig. I.11

eje común llamado " árbol de levas " .

La mayor parte de los motores de combustión interna son de -- cuatro tiempos: admisión, compresión, expansión o potencia y escape.

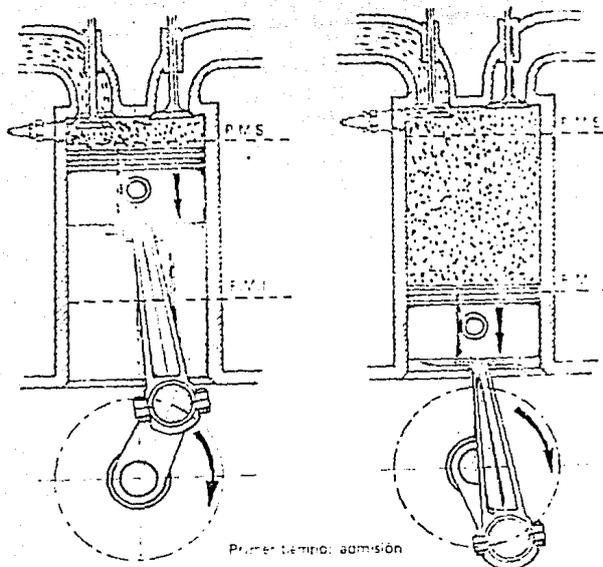
En la carrera de admisión, el pistón se desplaza hacia abajo y la válvula de admisión se abre, esta acción permite ejercer una fuerza de arrastre sobre la mezcla de aire y combustible que debe entrar en el cilindro, a causa de que se produce un vacío parcial en el múltiple de admisión.

Cuando el pistón llega al P.M.I., la válvula de admisión se - cierra y la mezcla queda atrapada en el interior del cilindro.

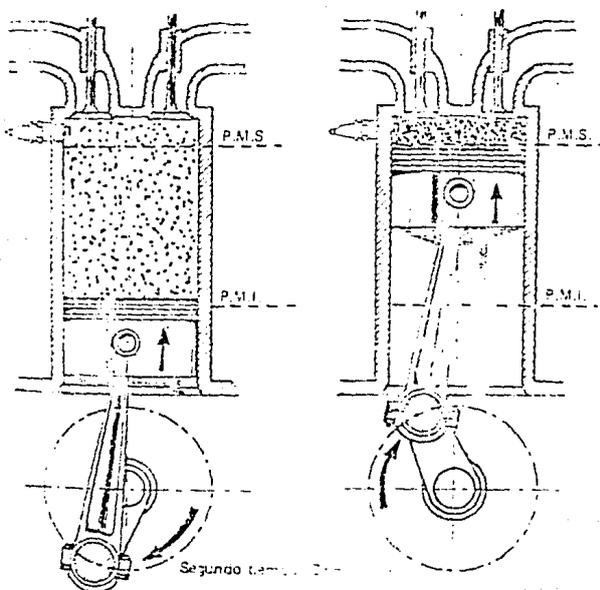
En la carrera de compresión, el pistón se desplaza hacia arriba comprimiendo la mezcla, porque las dos válvulas se cierran herméticamente.

Cuando el pistón termina su tiempo de compresión, se produce una chispa en la bujía, la cual inflama la mezcla, produciéndose - calor y dilatación de los gases resultantes que empujan al pistón hacia abajo, provocando la rotación del cigüeñal.

Una vez que los gases realizaron su trabajo, deben ser eliminados del cilindro, por lo cual se abre la válvula de escape mientras el pistón sube y los empuja hasta el momento en que llega al P.M.S.



a)



b)

FIG. 1.12

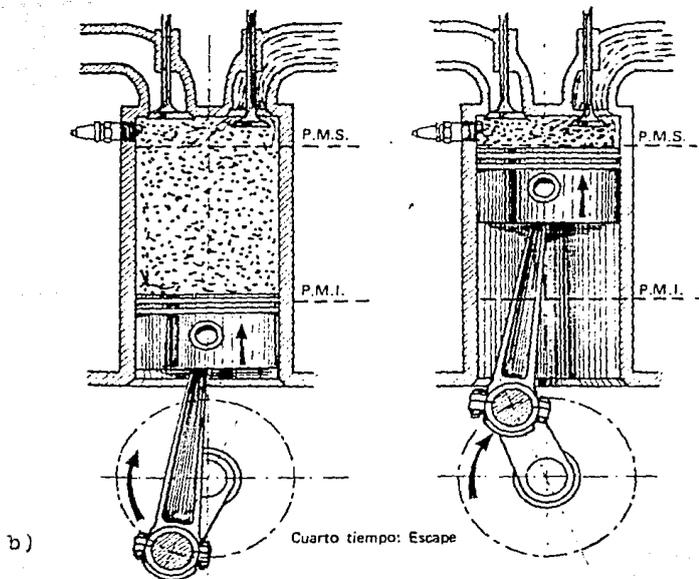
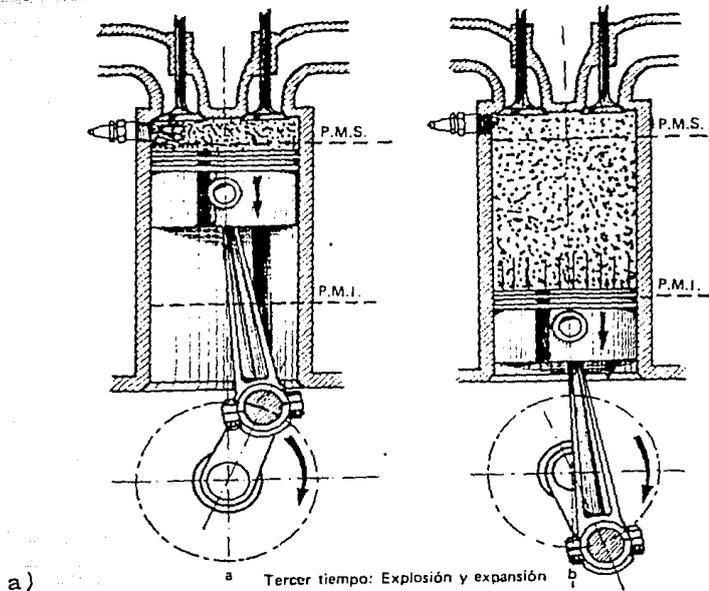


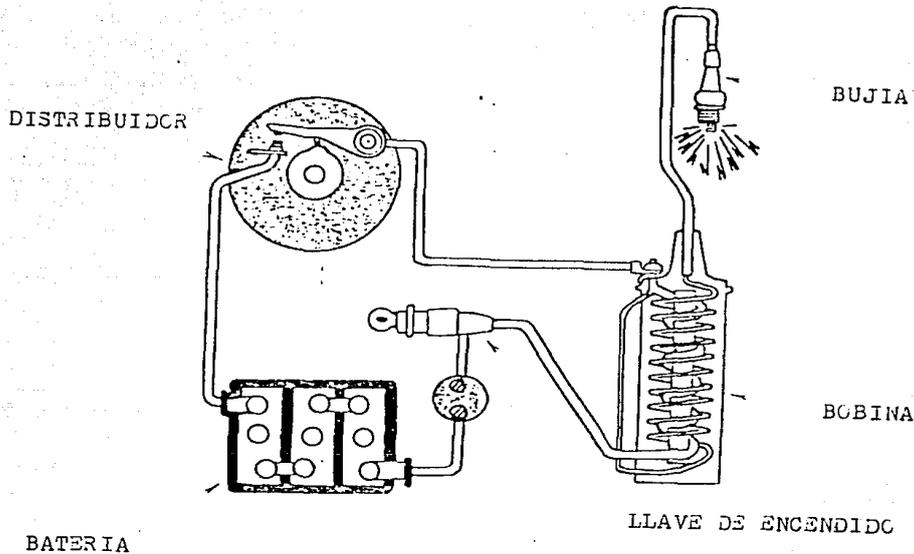
FIG. 1.13

provocando la salida total de los gases residuales.

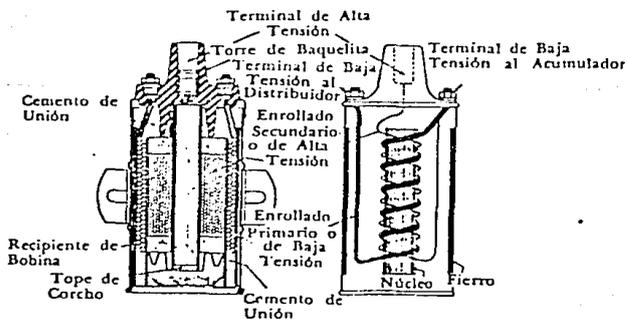
Para que la mezcla de aire y combustible se quemé en el interior del cilindro en el tiempo de expansión, es necesario que una chispa incendie dicha mezcla, ésto se logra mediante el sistema de encendido cuyos elementos son: el acumulador o batería, la llave de encendido, la bobina, el distribuidor y las bujías. Cada una de estas unidades desempeña un papel importante en la producción de la chispa en los cilindros en el momento apropiado. Siguiendo el circuito primario (Ver fig. 1.14) se puede observar que todas las unidades están en serie; el circuito secundario es una parte del sistema de encendido que distribuye la chispa separadamente por medio del rotor.

El motor requiere de un elevado voltaje para vencer la resistencia del claro existente entre los electrodos de la bujía y así poder generar una chispa para encender la carga de aire y gasolina en los cilindros. Este voltaje puede elevarse hasta 25 000 Volts durante las presiones máximas de compresión. El acumulador de auto móvil moderno sólo suministra 12 Volts y éstos tienen que ser elevados a un nivel más alto por medio de la bobina, que transforma un potencial bajo en el elevado voltaje necesario para producir la chispa.

La corriente directa del acumulador se transforma en corriente pulsante por la acción de los contactos o platinos, el abrir y cerrar de éstos, no sólo pone a tiempo la chispa, sino que hace posible trabajar la bobina como transformador. La bobina consiste en un núcleo de hierro hecho por un número de láminas de hierro dulce



SISTEMA DE ENCENDIDO
FIG. 1.14



BOBINA
FIG. 1.15

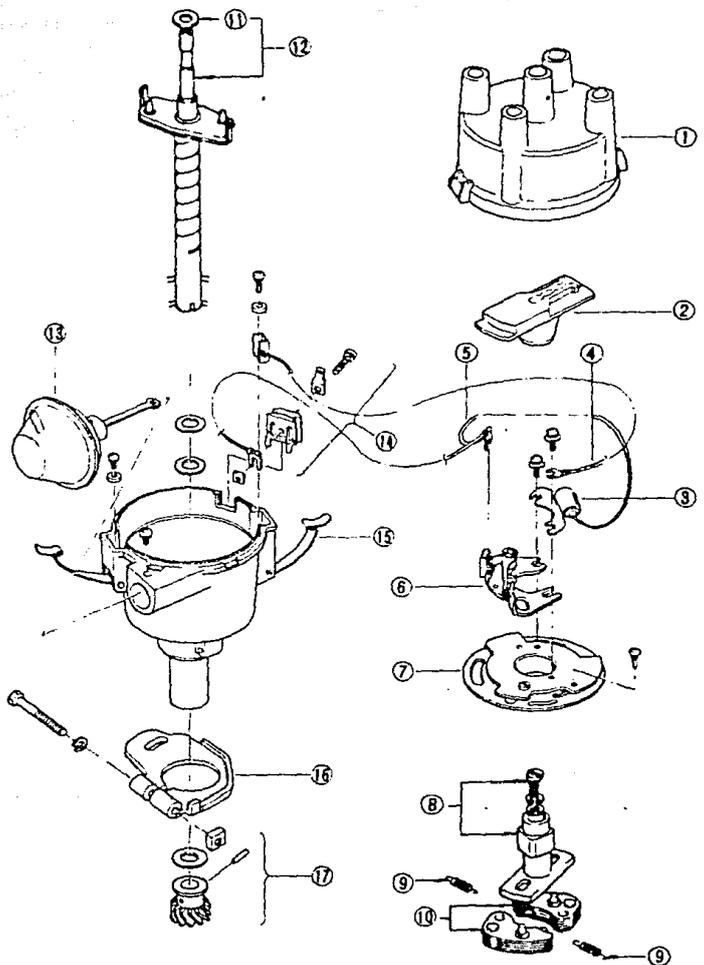
construcción que permite que el magnetismo se inicie y cese en el núcleo rápidamente. El núcleo de hierro contiene un número determinado de vueltas de alambre enrollado, que se dividen en dos secciones: embobinado primario y embobinado secundario. El embobinado del primario lleva la corriente del acumulador hasta los platinos, regresando de éstos al acumulador, pasando por la tierra del automóvil. La corriente forma magnetismo alrededor de la bobina y del núcleo, formando con las líneas de fuerza magnética un lazo completo o circuito, saliendo por el polo Norte y entrando por el polo Sur.

Al cerrarse los platinos, la corriente primaria comienza a fluir y las líneas de fuerza magnética se expanden en cada vuelta individual de la bobina, hasta formar lazos completos. Al expandirse estas líneas cortan a cada vuelta de la bobina y generan un contravoltaje o voltaje inducido, que es proporcional al tiempo en que se permite fluir a la corriente. Al cortar la corriente, se reduce la cantidad que fluye por la bobina primaria y tiene un efecto directo sobre el voltaje producido por el embobinado secundario. La velocidad y duración del contacto de los platinos, determina cuando se corta la corriente y cuánto contravoltaje se genera. El embobinado secundario consta de muchas vueltas de alambre delgado enrollado, ya sea sobre el embobinado primario o debajo de él. Cuando se abren los platinos y se interrumpe la corriente en el circuito primario de la bobina, el colapso que se produce en el campo magnético induce un alto voltaje en el embobinado secundario, pero, como el campo inductor se opone a la causa que lo provoca, crea a su vez una corriente en el primario del mismo sentido que la que se está anulando, tendiendo a formar un arco voltaico entre los platinos, retardando o dificultando la ruptura del circuito. Para que esto no

ocurra, es decir, para evitar inducción de corriente en el circuito primario se coloca un condensador en paralelo, el cual consiste de varias capas de papel de estaño y material aislante, generalmente papel encerado; las capas alternantes se conectan a cada extremo y forman los polos del condensador.

Los platinos, el condensador y la leva encargada de hacer abrir y cerrar los platinos, van colocados dentro del distribuidor, el cual también es el encargado de repartir la chispa de alta tensión a los cilindros en una secuencia correcta; ésto se logra mediante un rotor colocado en la parte superior de la flecha del distribuidor que, en coordinación con la apertura y cierre de los platinos, reparte su carga de alto voltaje. (Ver fig. I.16).

El encendido está proyectado para que, cuando el motor trabaja a revoluciones bajas, la chispa salte antes que el pistón y alcance el P.M.S. en el tiempo de compresión; pero cuando la velocidad del motor aumenta hay menos tiempo para que la mezcla aire-gasolina se quemé y le transmita su fuerza expansiva al pistón, por consiguiente, a velocidades superiores es necesario que el sistema de encendido suministre la corriente para la chispa antes que el pistón alcance dicho punto, lo cual significa que si a velocidades bajas existe un adelanto en la chispa, a altas velocidades se requiere un adelanto mayor. El mecanismo de avance centrífugo es el que automáticamente avanza el encendido cuando la velocidad del motor aumenta; dicho mecanismo consta de dos contrapesos que giran desplazándose fuera -



- | | | |
|--------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 Tapa | 7 Placa para platos | 13 Conjunto de control de vario |
| 2 Relay | 8 Conjunto de leva | 14 Conjunto de terminales |
| 3 Condensador | 9 Resaca de contactos | 15 Alargadera |
| 4 Cable de teste | 10 Contactos | 16 Placa de selector |
| 5 Cable de control | 11 Funda de Aluminio | 17 Conjunto de engrane |
| 6 Platinos | 12 Conjunto de la flecha | |

Fig. I.16

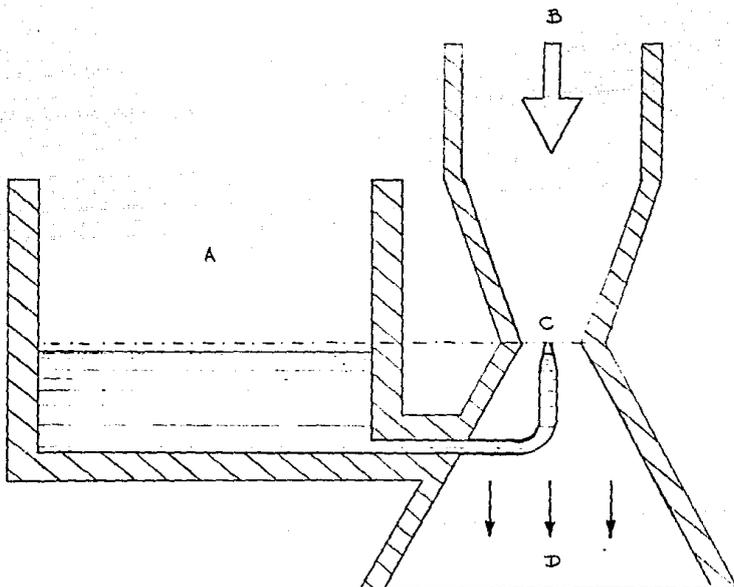
de su centro y contra la tensión de dos resortes cuando la velocidad del motor aumenta. Los contrapesos hacen girar a la leva encargada de abrir los platinos antes que lo haga el eje del distribuidor, adelantando así el encendido.

Se ha encontrado que un motor a plena carga, requiere de un menor avance de la chispa que uno que trabaja con carga parcial a la misma velocidad; para poder obtener el avance máximo con cargas ligeras es necesario un avance adicional para lograr mayor economía de combustible. Esto se consigue con el mecanismo del avance de vacío colocado también en el distribuidor y que consiste de un diafragma con resorte que está unido por medio de una articulación al portaplatino (o plato del distribuidor sobre el que va colocado el platino), cuando hay alto vacío en el múltiple de admisión, dicho vacío se transmite al diafragma el cual hace actuar la articulación la que a su vez hace girar el portaplatino para adelantar la apertura de los platinos y así avanzar la chispa.

Para que se produzca una buena combustión en el cilindro, es necesario mezclar el aire y la gasolina en una proporción adecuada esta operación se realiza en el carburador, al cual se hace llegar la gasolina desde el depósito en que se almacena por medio de una bomba y ahí se mezcla con el aire, que es aspirado por el motor a través de la válvula de admisión y múltiple de admisión.

En el carburador se mantiene un nivel constante de combustible por medio de un flotador dentro de la cámara del mismo, la cual está comunicada con la atmósfera, el nivel de combustible en la cá

- A - Cuba de nivel constante.
- B - Llegada de aire.
- C - Pulverizador.
- D - Mezcla de aire y combustible.

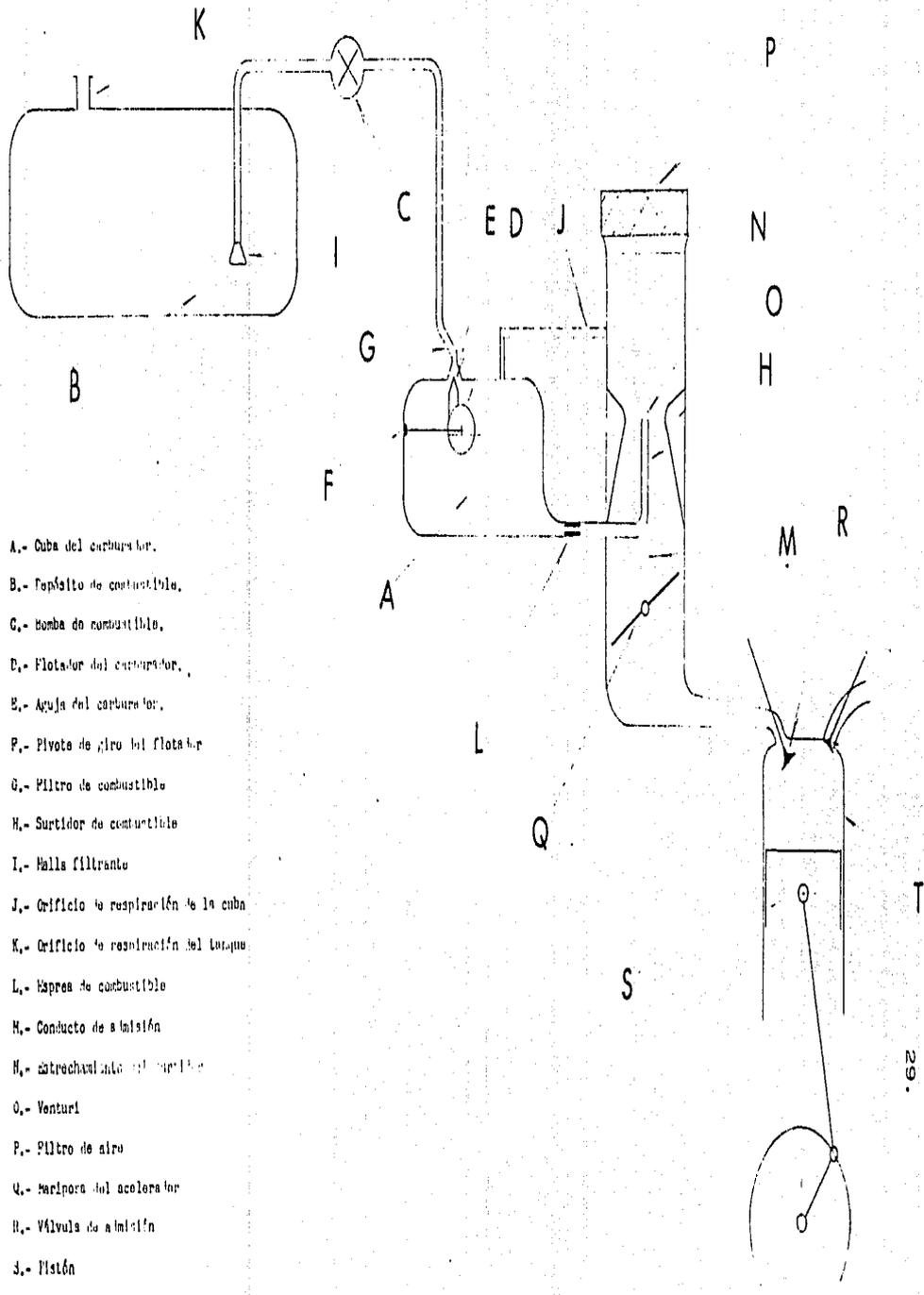


CARBURADOR SIMPLE

Fig. I.17

Para del flotador se mantiene ligeramente abajo de la salida del - chorro del combustible. El aire penetra en el carburador y pasa por un tubo de Venturi que tiene un diámetro en la garganta de 0.75 a 0.85 del diámetro interior del carburador. La reducción de presión en la garganta del tubo Venturi hace que el combustible pase de la cámara del flotador al interior del mismo en forma de chorro, la pulverización del combustible se produce debido a la diferencia de las velocidades del aire y del combustible.

El funcionamiento del carburador es el siguiente (ver fig. -- 1.18). En la cuba (A) hay un flotador (D) que puede girar en el - punto (F) y que lleva unido a él una aguja (E) que abre o cierra el conducto de llegada de gasolina. Mediante este sistema, se consigue mantener constante el nivel de la gasolina en la cuba, pues a medida que se va gastando la que hay, baja el flotador con su aguja, - permitiendo la entrada de más gasolina en la cuba. Cuando el nivel llega a un punto determinado, la aguja del flotador cierra el conducto de entrada, impidiéndose de esta manera que suba el nivel excesivamente, ya que produciría el derrame de la gasolina en el surtidor (H), en el cual ésta alcanza el mismo nivel de la cuba debido al " Principio de los vasos comunicantes "; este nivel queda a dos milímetros aproximadamente del borde del surtidor para que se evite el derrame de combustible con el movimiento del vehículo. La gasolina que pasa de la cuba (A) al surtidor (H) queda regulada por la esprea (L), el surtidor (H) está colocado en el conducto de admisión (M) y la boca de este surtidor queda a la altura del estrecha



- A.- Cubo del carburador.
- B.- Tanque de combustible.
- C.- Bomba de combustible.
- D.- Flotador del carburador.
- E.- Aguja del carburador.
- F.- Pivote de giro del flotador.
- G.- Filtro de combustible.
- H.- Surtidor de combustible.
- I.- Malla filtrante.
- J.- Orificio de respiración de la cuba.
- K.- Orificio de respiración del tanque.
- L.- Espesa de combustible.
- M.- Conducto de admisión.
- N.- Cámara de admisión.
- O.- Venturi.
- P.- Filtro de aire.
- Q.- Venturi.
- R.- Válvula de admisión.
- S.- Visión.
- T.- Válvula de admisión.

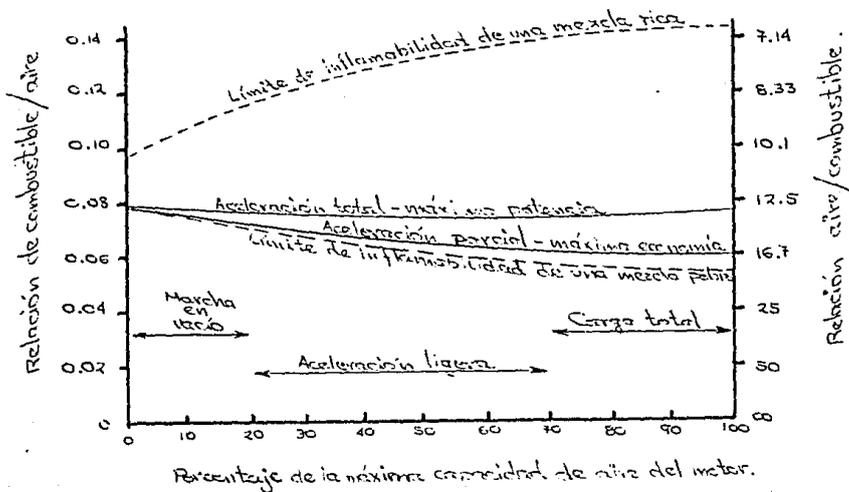
miento (N) producido por el anillo (O), llamado difusor o Venturi. Por debajo del surtidor va colocada la mariposa de aceleración (Q) que se acciona desde el interior del vehículo por medio del pedal del acelerador.

Al bajar el pistón (S) en el tiempo de admisión, estando la - válvula de admisión (R) abierta, provoca una succión o depresión en el colector (M) que será mayor cuánto más rápido gire el motor. Es ta succión establece una corriente de aire que entra desde el exte rior a través del filtro (P) y lo limpia de impurezas; para aumentar la velocidad del aire a la altura del surtidor se coloca el difusor (O) y el aire pasa por este estrechamiento y aumenta de velocidad, provocando una succión más energética en el surtidor (H) que arrastra la gasolina pulverizándola y mezclándola con él. La mezcla de aire y gasolina pasa por el orificio que no es cerrado totalmente por la mariposa de aceleración (Q), cuando se cierra la válvula de ami--- sión (R) desaparece la depresión en el conducto de admisión y por lo tanto cesa la corriente de aire y con ello la salida de gasolina por el surtidor (H). La riqueza de la mezcla está determinada por la relación existente entre el calibre (L) y el diámetro del difusor (O). Cuando el vehículo está detenido y se va a poner en movimiento, es necesario aumentar la riqueza de la mezcla para incremen tar rápidamente la potencia del motor, este aumento en la riqueza de la mezcla se consigue mediante la bomba de aceleración. Al ser más fuertes las explosiones debido a la mayor riqueza de la mezcla

el motor gira más rápidamente, con lo que aumenta el grado de vacío que a su vez hace subir la cantidad de mezcla que sale del surtidor; en este momento ya no hay gasolina suplementaria de la bomba de aceleración, como el motor gira ahora a más revoluciones, el grado de vacío es mayor y por lo tanto crece la cantidad de mezcla que sale del surtidor y puede sostenerse la potencia del motor, con lo cual, el vehículo no perderá velocidad.

Entre las características susceptibles de medirse en un carburador, se encuentra la relación del peso del combustible al aire, alimentado dentro del intervalo de operación del flujo de aire.

Con frecuencia se elabora una gráfica similar a la de la siguiente figura con estas características, de las cuales se obtienen para los motores las relaciones aire - combustible durante la marcha en vacío.



1.4 LIMITACIONES.

En el diseño y fabricación de motores actualmente es de vital importancia una reducción en el peso, así como en el consumo de combustible y un incremento en la potencia. En los últimos años, otro factor que ha preocupado a los ingenieros es el control de las emisiones, por ser una causa de contaminación ambiental.

Las principales desventajas de un sistema convencional de encendido (por medio de platinos) son las siguientes:

** En el primario de la bobina, conforme aumentan las revoluciones del motor, disminuye la intensidad de corriente en la bobina e implica un menor almacenamiento de la misma, esto se debe a que no alcanza el tiempo necesario para saturar al primario por el alto número de revoluciones. Cuando no logra saturarse el primario de la bobina, trae como consecuencia una disminución del flujo magnético y la energía que se transfiere a la chispa de la bujía disminuye también ocasionando un encendido deficiente; otro inconveniente es el querer cortar la corriente de una manera rápida y eficiente por medio de los platinos, pero generalmente existe un arco sobre los mismos, debido a la autoinducción del primario y a la velocidad elevada de corte de éstos, provocando que las aperturas no sean precisas y que por lo tanto repercutan en el secundario ocasionando un mal encendido.

** Por lo que se refiere a la alimentación del combustible al motor, se puede decir que el empleo de carburadores es una desventaja en el ahorro de combustible y en el grado de contaminación, ya

que la distribución del combustible en los cilindros del motor en los automóviles carburados no es uniforme, además la evaporación del combustible así como la posibilidad de congelación del mismo es alta.

Durante la desaceleración en un motor carburado, el corte de alimentación de combustible no es instantáneo, debido a que el múltiple de admisión permanece mojado con el mismo, incrementando su consumo. El efecto de una distribución desigual de combustible o de aire en los cilindros del motor ocasiona una menor potencia que los que reciben mezclas ricas, una distribución pobre puede compensarse si se enriquece la mezcla obteniéndose una elevada potencia, pero al costo de un alto consumo de combustible y un incremento en las emisiones de HC y CO. La relación de la mezcla de aire y combustible es difícil de ser determinada en un carburador, principalmente por que el flujo del aire al atravesar el Venturi es de naturaleza pulsante y esto hace que el flujo tanto del combustible como del aire sea un tanto impredecible.

La diversidad de partes de que consta un carburador lo hacen otro inconveniente, pues se incrementa la posibilidad de falla del mismo así como del trabajo de reparación o mantenimiento.

Todo lo mencionado anteriormente hace que el automóvil convencional sea una desventaja para los propósitos del mejoramiento ambiental y ahorro de combustible, es por ello que se han adoptado mejoras para hacer más eficiente el funcionamiento de los motores actuales.

CAPITULO 2.

ANALISIS DEL MOTOR TURBOCARGADO.

2.1 GENERALIDADES.

En el desarrollo del diseño para los motores de automóvil -- siempre se busca lograr un incremento en la potencia y una reducción en el peso y en el tamaño. Existen varios métodos para que un motor tenga la oportunidad de tomar más aire limpio del medio ambiente, mejorar la mezcla de aire y combustible e introducirla en los cilindros del motor sin incrementar sus dimensiones o el desplazamiento de los pistones, estos métodos son los sistemas a base de supercargador y turbocargador.

Cuando la idea de forzar aire extra en el interior de los cilindros se hizo realidad, se aplicó el sistema del supercargador -- que permitía al motor desarrollar más potencia. Sin embargo, este incremento en potencia no era 100% efectivo, ya que también había pérdida de fuerza en el motor porque el supercargador utilizaba una parte de la fuerza torcional del mismo, es decir, el supercargador se acoplaba por medio de engranes al cigüeñal del motor. (Ver fig.II.1).

El sistema llamado de turbocargador o turboalimentador se refiere al uso de un compresor que impulsa más aire limpio a los cilindros del motor utilizando como fuerza impulsora los mismos gases de escape de éste aumentando considerablemente su potencia , -- ya que la combustión se realiza más eficientemente.

ACOPLAMIENTO DEL CIGÜEÑAL Y DEL SUPERCARGADOR

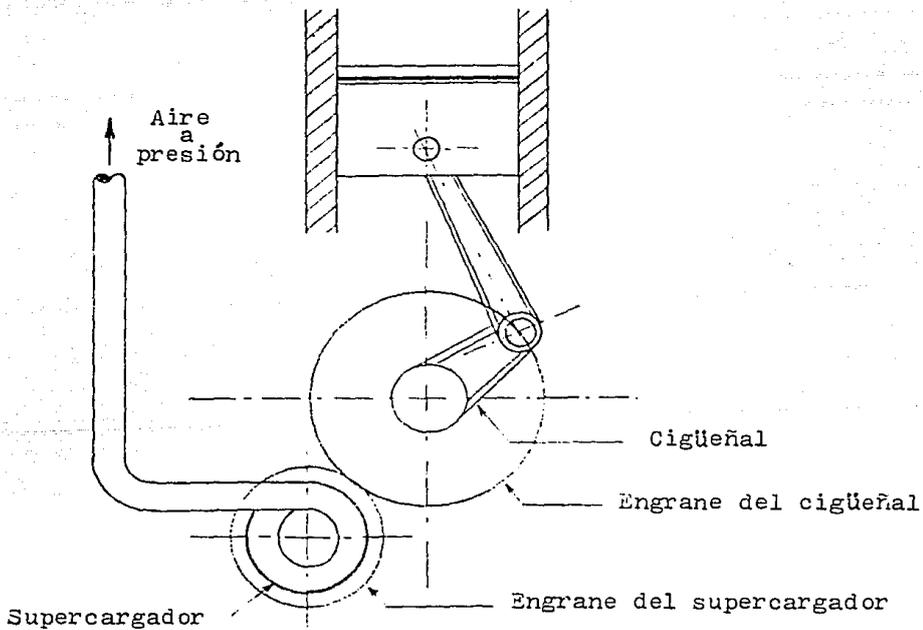


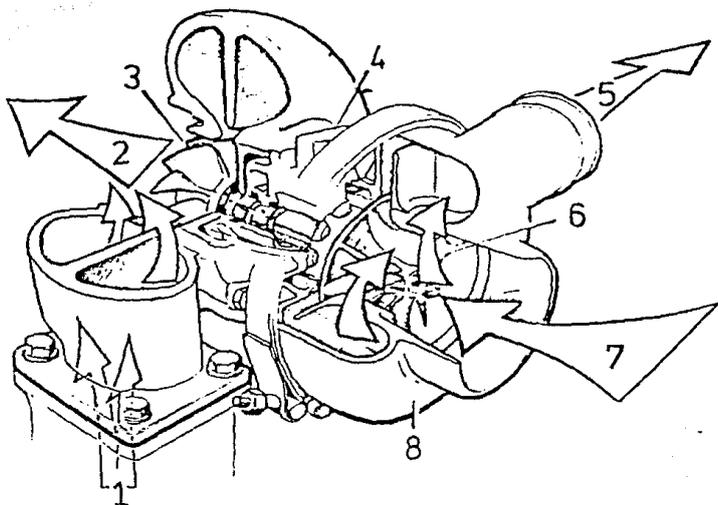
Fig. II.1

2.2 COMPONENTES DEL MOTOR TURBOCARGADO.

El elemento principal de un motor turbocargado es el grupo sobrealimentador o turbo, como se llama comunmente. Un grupo sobrealimentador está formado por una turbina de gases de escape que recibe los gases quemados del motor, los cuales circulan a través de ella y la hacen girar. Sobre el mismo eje va montado un compresor de aire, que accionado por la turbina de gases de escape, aspira -- axialmente el aire y lo lanza perifericamente a la envolvente o -- carcasa del compresor, siendo enviado el aire limpio de aspiración con una alta presión hacia los cilindros del motor. (Ver fig. II.2)

Los elementos principales que componen al turbocargador son los siguientes:

- a) Rueda del compresor.- Es el encargado de recibir el aire limpio de la atmósfera y comprimirlo para ser enviado a los cilindros del motor. Está fabricado de una aleación especial ya que alcanza temperaturas muy elevadas.
- b) Rueda de la turbina.- A este elemento llegan los gases de escape provenientes de la combustión del motor, los cuales, han pasado previamente por una reducción en la carcasa de la turbina con el fin de aumentar su velocidad, que es la energía aprovechable de los mismos.
- c) Modulador de presión.- Consta de una válvula de control que detecta la presión de supercarga y acciona una válvula de paso que permite que una parte de los gases de escape sean descargados sin pasar por la turbina.
- d) Flecha.- Es el elemento en cuyos extremos van colocados el com-



- 1.- Llegada de gases a la turbina
- 2.- Salida de gases al silenciador
- 3.- Turbina de gases de escape
- 4.- Caja central
- 5.- Alimentación del aire de admisión
- 6.- Rueda del compresor
- 7.- Entrada de aire al compresor
- 8.- Carcasa del compresor

Fig. II.2

presor y la turbina. La flecha va montada sobre cojinetes flotantes que trabajan sobre cámaras de aceite.

e) Caja central.- Forma el cuerpo mismo del turbocargador y contiene a los cojinetes, pasajes de lubricación y enfriamiento, además de sellos y anillos de la flecha, incluyendo a la flecha misma.

Para el funcionamiento de un motor turbocargado, se necesitan además, los siguientes elementos:

a) Bomba de combustible.- Esta bomba, que comunmente era de diafragma en los motores de aspiración natural, ha sido sustituida por una bomba volumétrica que opera en forma parecida a una bomba de engranes. (Ver fig. II.4).

b) Regulador de presión de la bomba.- Evita las fluctuaciones de la presión de la bomba y retorna los sobrantes de combustible al tanque.

c) Inyectores.- Cada cilindro lleva, al final del conducto de admisión y antes de la válvula, un inyector accionado por un solenoide que según la corriente que recibe, abre, mantiene abierta o cierra la inyección. El encendido no depende de estos inyectores sino de la chispa de las bujías. (Ver fig. II.5).

d) Sensor de cascabeleo.- Es una membrana que detecta las vibraciones en la cámara de combustión y envía una señal a un módulo electrónico para retrasar el tiempo de encendido.

2.3 FUNCIONAMIENTO.

Como se dijo anteriormente, el turbocargador es el elemento principal en estos motores y se encuentra instalado en el múltiple de escape. Este sistema utiliza la energía de los gases de escape para hacer girar simultáneamente a la rueda de la turbina y a la rueda del compresor que está instalada en el otro extremo de la flecha. El compresor suministra aire a presión al motor para incrementar eficientemente la potencia y el torque. Para evitar un excesivo aumento en la presión de supercarga, se adopta un sistema que mantiene la velocidad de la turbina dentro de un rango controlando la cantidad de gases de escape que pasan a través de la turbina. Este sistema consta de una válvula de control que detecta la presión de supercarga y acciona la válvula de paso que permite que una parte del gas de escape sea descargado sin pasar por la turbina, su operación es como sigue: El modulador de presión (o de control) detecta la presión de supercarga en la salida de la caja del compresor, todo el gas de escape fluye a través de la turbina cuando la presión de supercarga es menor que la presión especificada P_o y que suele ser de unos 210 mm Hg. (8.26 Pulg. Hg). Cuando la velocidad del motor aumenta y la presión de supercarga se aproxima al valor de la presión P_o , ésta ejerce una fuerza en el diafragma del modulador abriendo así la válvula de paso. Cuando dicha válvula abre, parte de los gases de escape pasan por la válvula y van directamente al tubo de escape.

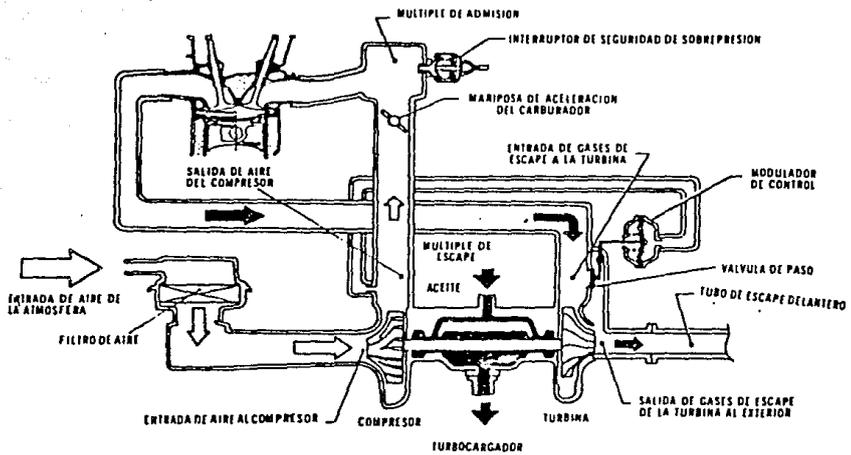


FIG. II.3

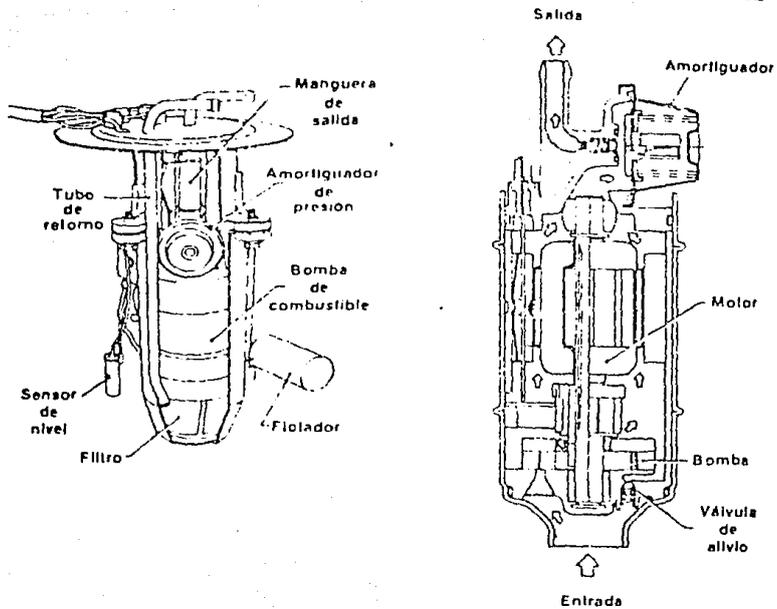
Como resultado, la velocidad de la turbina es reducida y la presión de supercarga se mantiene al nivel especificado.

La bomba de combustible, que está ubicada dentro del tanque, es del tipo húmedo donde los rodillos de las paletas están acoplados a un motor eléctrico que está lleno de combustible. Una válvula de alivio está integrada a la bomba, que abre cuando la presión de la línea de combustible aumenta arriba de $4 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ ($56.8 \text{ lb} / \text{in}^2$). Un amortiguador de presión actúa para absorber las vibraciones de presión en la línea de combustible. (Ver fig. II.4).

Los inyectores determinan la cantidad de combustible que llega a los cilindros, su funcionamiento es muy sencillo (Ver fig.II.5) El combustible llega por el filtro (5) pero queda cerrado su flujo por la armadura (2) que sella la tobera (1) gracias a un resorte interior. Al recibir corriente el electroimán vence la fuerza del resorte y el inyector deja el paso libre para que el combustible salga por la tobera, la carrera del inyector es de unos 0.15 mm. Mientras hay corriente, la válvula inyectora. La duración de la inyección depende de las condiciones de servicio del motor.

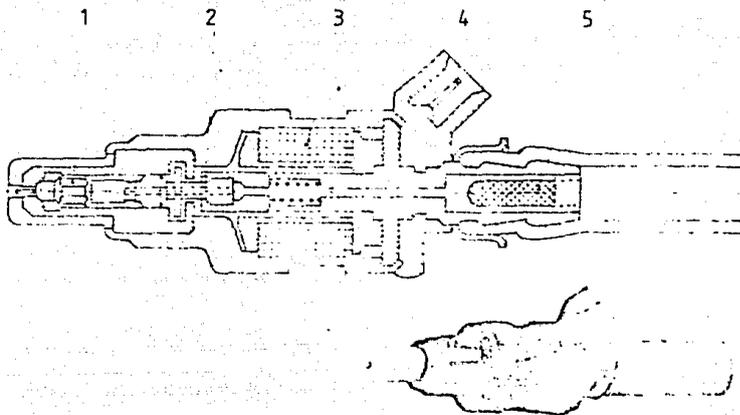
En todos los motores turbocargados, se ha adoptado el sistema de encendido electrónico ya que el sistema de platinos, como se ha visto en el capítulo anterior, genera un mal encendido por ser un método mecánico para cortar la corriente.

El sistema de encendido electrónico se diferencia del sistema convencional de platinos unicamente en su forma, pues su función -



BOMBA DE COMEUSTIBLE

FIG. II.4



VALVULA DE INYECCION

- 1.- Tobera.
- 2.- Armadura del solenoide.
- 3.- Embobinado del solenoide
- 4.- Conexión solenoide
- 5.- Filtro

FIG. II.5

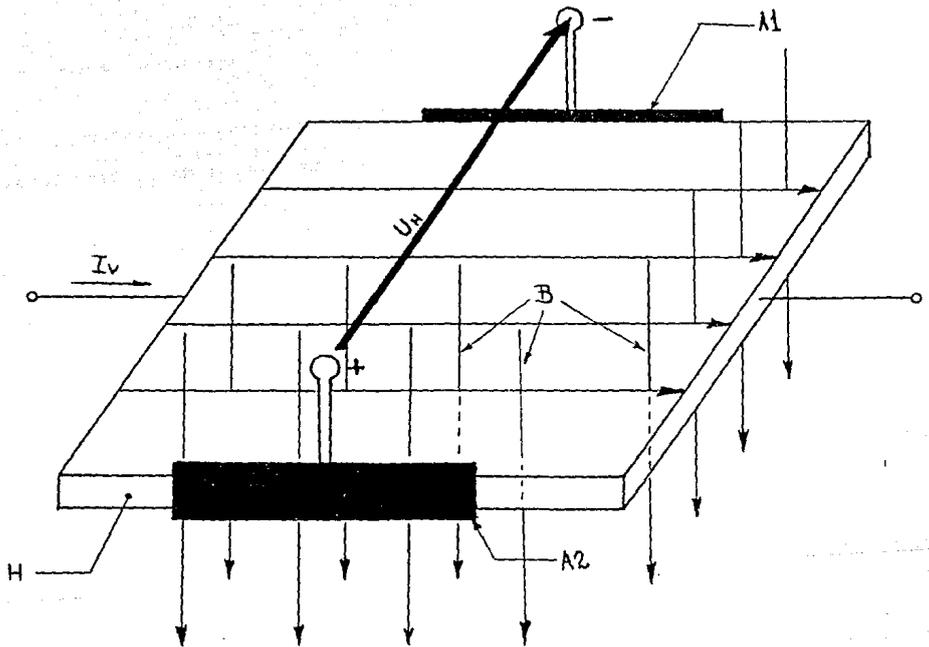
continúa siendo exactamente la misma: proporcionar a las bujías una chispa en el momento necesario para encender los gases comprimidos dentro del cilindro.

En este sistema el platino es sustituido por un elemento llamado impulsor "Hall", y su funcionamiento es el siguiente (Ver -- fig. II.6): cuando una corriente (I_v) circula a través de una --- placa semiconductora (H) y se hace que un campo magnético (B) atra--- viesse verticalmente la placa semiconductora, se obtiene una ten--- sión de algunos milivolts entre las placas de contacto (A1) y (A2) La pequeña tensión entre (A1) y (A2) se llama tensión Hall (UH).

La tensión Hall depende de la fuerza del campo magnético, --- mientras más grande sea dicha fuerza, mayor será la tensión Hall, - siempre y cuando la corriente (I_v) se mantenga constante. Si se in--- terrumpe el campo magnético periodicamente, según el tiempo de en--- cendido, se modifica también la tensión Hall la cual puede utili--- zarse como tensión de excitación para provocar la chispa de encen--- dido. El impulsor Hall se encuentra dentro del distribuidor y un e--- lemento llamado campana de interrupción es el encargado de cortar--- el flujo magnético.

Cuando una placa de la campana de interrupción atraviesa el -- campo magnético, la corriente circula por el primario de la bobina, como en el caso del sistema de platinos en que éstos están en con--- tacto.

Cuando la placa sale del campo magnético, al girar la campa--- na de interrupción, la corriente primaria se corta y se genera una



TRANSFORMADOR HALL

Fig. II.6

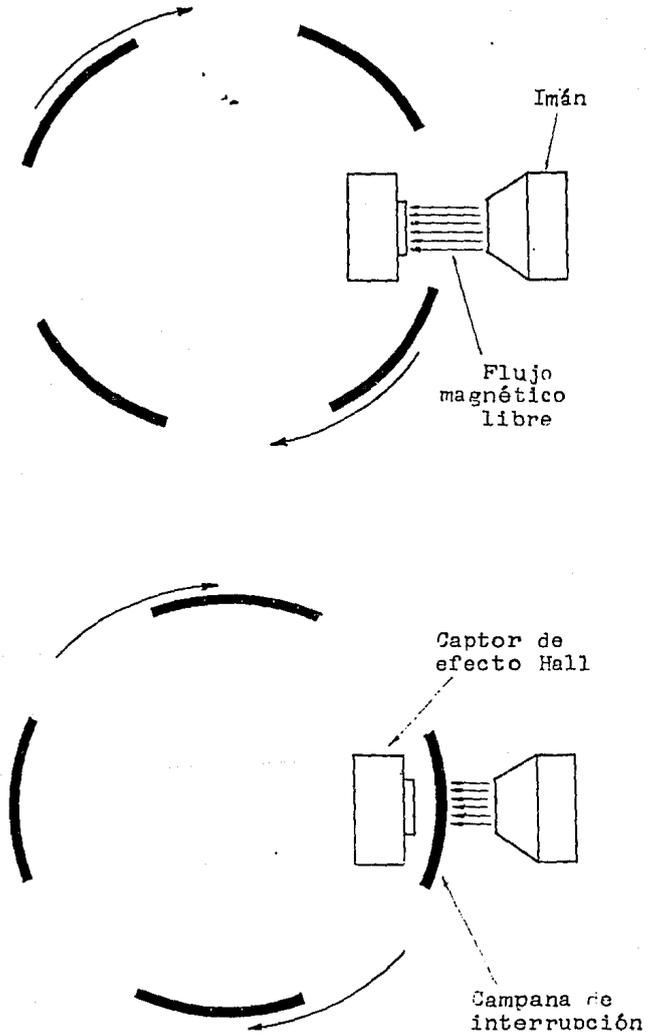


Fig. II.7

alta tensión en el secundario de la bobina, produciéndose la chispa para el encendido. (Ver fig. II.7).

Se debe hacer notar que tanto el encendido electrónico como los sensores con los que cuentan estos motores (los cuales se estudiarán con más detalle en el siguiente capítulo) son gobernados por un módulo electrónico, el cual, en el caso del sistema de encendido es el encargado de cortar la corriente en el primario de la bobina y así crear el alto voltaje en el secundario de la misma según la señal enviada por el captor Hall.

2.4 LIMITACIONES EN LOS MOTORES TURBOCARGADOS.

La principal limitación en los motores turbocargados, en comparación con los motores que emplean carburadores, se presenta con el aumento de las complicaciones del sistema y el incremento del costo, lo cual es en parte el resultado del control de las dificultades y del problema que representa el tener que medir en cada ciclo cantidades muy pequeñas de combustible, como en el caso de los inyectores ya que éstos son los encargados de inyectar el combustible en los cilindros del motor. La falla más común es, en estos elementos, el bloqueo del conducto que permite la salida del combustible ocasionando que éste no sea inyectado en la cantidad adecuada. La causa de que un inyector se tape es, generalmente, la acumulación de gomas de la gasolina que impiden que éste abra y cierre en forma adecuada.

El turbocargador es un elemento muy delicado y por ello debetenerse extremo cuidado, tanto en su fabricación como en su mantenimiento ya que debe estar perfectamente lubricado y balanceado, - pues durante su operación sobrepasa las 200 000 rpm. Este elemento puede fallar básicamente por tres causas:

- * falta de lubricante.
- * lubricante contaminado.
- * introducción de objetos extraños a las turbinas.

Otro inconveniente de este tipo de motores es que son gobernados por unidades de control electrónicas y si alguna de estas uni-

dades opera en forma inadecuada, hará que el motor falle o simplemente que no funcione.

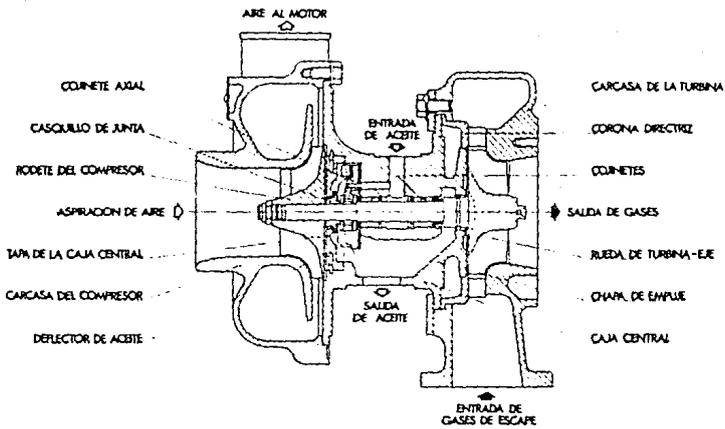
El hecho de que este tipo de motores sea muy reciente hace -- que el personal calificado para su reparación y mantenimiento sea escaso y el que tenga conocimientos sobre el mismo hará las reparaciones convenientes a un alto costo.

CAPITULO 3.

DIFERENTES TIPOS DE MOTORES TURBOCARGADOS QUE SE UTILIZAN EN MEXICO
EN LA ACTUALIDAD.3.1 CHRYSLER.

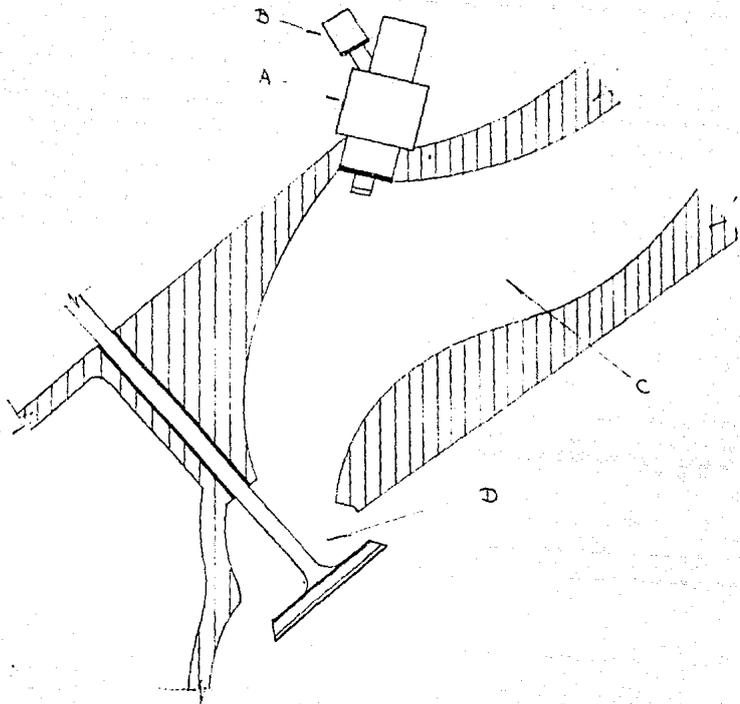
La aplicación de motores turbocargados en México es muy reciente, siendo Chrysler la primera compañía automotriz en utilizarlos desde 1984 en nuestro país. Los motores turbocargados de Chrysler combinan para su funcionamiento, la inyección de combustible y el turbocargador, operando ambos sistemas simultáneamente. Dicho funcionamiento se puede resumir de la siguiente manera: el turbocargador utiliza los gases de escape del motor para comprimir el aire fresco del ambiente e introducirlo a los cilindros del motor; la inyección de combustible se logra mediante una bomba de alta presión que envía el combustible a una serie de inyectores en cuya salida se pulveriza integrándose directamente en la corriente de aire proveniente del turbocargador, de esta forma, tanto aire como combustible se mezclan para luego ser introducidos a los cilindros del motor. (Ver figs. III.1 , III.2).

Los vehículos Chrysler turbocargados cuentan, además, con dos computadoras y una serie de sensores que optimizan su funcionamiento y controlan la marcha del motor, dichas computadoras son llamadas módulo lógico y módulo de poder. El módulo lógico recibe la información de los diferentes sensores del motor y procesa dicha información, comunicándose con el módulo de poder, el cual es el encargado de ejecutar las diferentes acciones correctivas en los ele



TURBOCARGADOR

Fig. III.1



INYECTOR DE COMBUSTIBLE

- A - Inyector de combustible
- B - Conector eléctrico
- C - Múltiple de admisión
- D - Válvula de admisión.

FIG. III.2

mentos del motor, como son: controlar la inyección de combustible, cortar el flujo de corriente en el embobinado primario de la bobina y así crear un alto voltaje en el embobinado secundario para enviar la chispa al cilindro correspondiente, adelantar o atrasar el tiempo de encendido, verificar la temperatura del motor, etc.

Los sensores con los que cuentan estos vehículos son:

+ Sensor de temperatura del aire de carga.- Este sensor mide la temperatura del aire en el múltiple de admisión. Genera un voltaje inversamente proporcional a la temperatura que sensa, esta información la utiliza el módulo lógico para modificar el tiempo del pulso de inyección y permitir la correspondiente sobrealimentación de la turbina. El módulo lógico continuamente verifica el voltaje que genera el sensor de temperatura del aire de carga, para establecer si opera dentro de especificaciones. Si el voltaje excede 4.98 V o es menor a 0.06 V, se genera un código de falla y se enciende el letrero "Pérdida de potencia". Bajo esta condición el módulo lógico ignora a este sensor y toma la señal del sensor de temperatura del refrigerante del motor para sustituirlo. Apagará el letrero si vuelve a reconocer señales dentro de especificaciones del sensor.

+ Sensor de temperatura del refrigerante del motor.- Siempre que el motor presenta una temperatura inferior a la normal de operación, el tiempo del pulso de inyección se modifica por un factor que depende de la misma. A través de este sensor se genera un voltaje -

SISTEMA DE CONTROL MOTOR TURBOCARGADO CON INYECCION ELECTRONICA DE COMBUSTIBLE

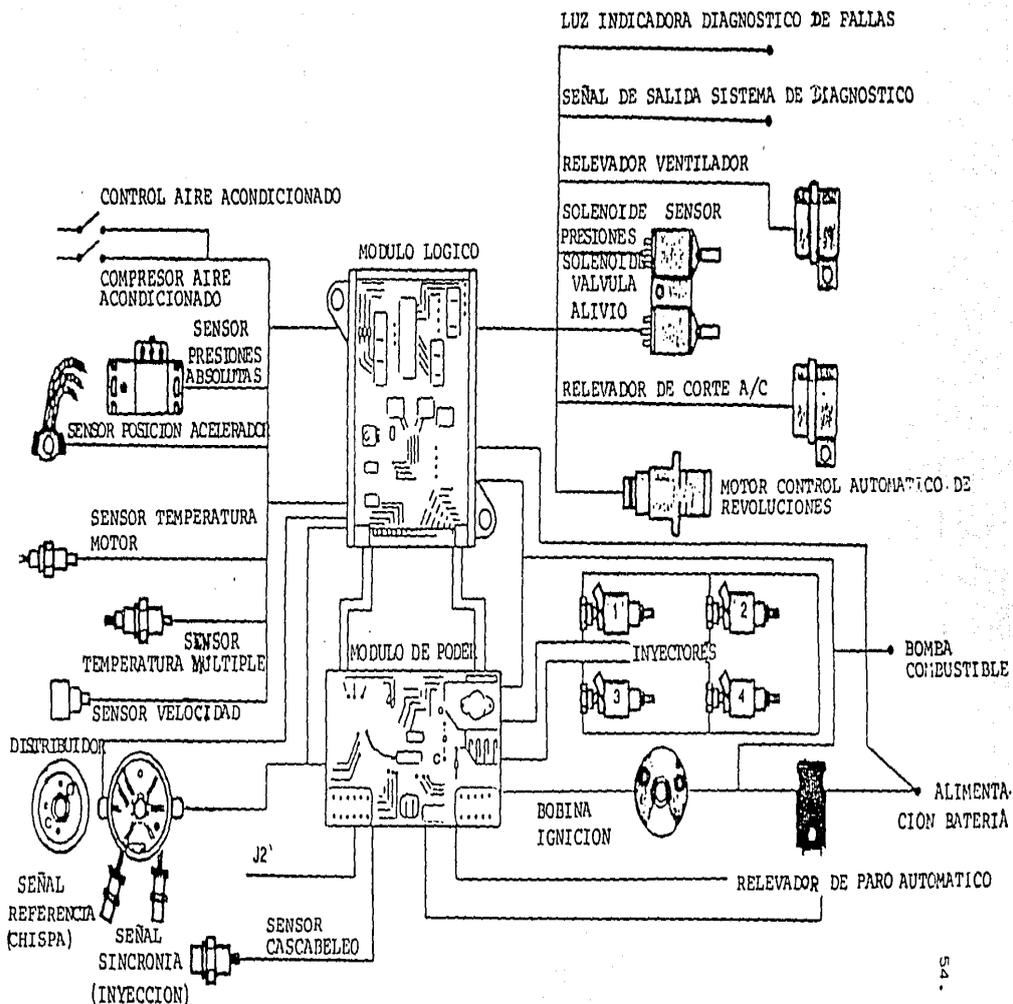


Fig. III.3

que es inversamente proporcional a la temperatura y por medio del cual el módulo lógico determina la cantidad de enriquecimiento en frío, así como otras funciones que son: avance de chispa, RPM de - ralenti⁽¹⁾, sobrealimentación del turbo y control del motor ventilador.

+ Sensor de referencia. Este sensor se encuentra en el distribuidor y juega un papel preponderante en el sistema en general. La señal de referencia (chispa) le sirve al módulo lógico para calcular las RPM de operación del motor y determinar la posición del cigüeñal, de esta información, el módulo deduce cuándo disparar a la bobina de ignición y a cada banco de inyectores. También le sirve al módulo lógico para determinar la posición del árbol de levas del motor con el propósito de sincronizar la inyección de combustible, por medio del banco correspondiente de inyectores, así como seguir la posición de cada cilindro cuando se requiera el retraso de la chispa en el cilindro correspondiente.

+ Sensor de presiones. Este indica la presión (positiva o negativa) en el múltiple al módulo lógico, el cual la emplea para calcular el avance de chispa y la cantidad de combustible en todo momento; al mismo tiempo, estos cálculos son modificados por la información de los diferentes sensores. Cuando se le da marcha al motor y éste pasa de las RPM de marcha a arranque, existe una variación amplia del vacío en el múltiple de admisión, esta situación es analizada por el módulo lógico para determinar que existe conexión tanto eléctrica como neumática del sensor de presiones. Si no sucede así-

(1) RPM mínimas del motor

el sistema entra en el modo de operación deficiente, enciende el -
letrero de "Pérdida de Potencia" y genera un código de falla. Per-
manecerá en esta condición hasta que el motor se apague, no impor-
tando la señal del sensor de presiones.

La función del sensor de presiones es la de transformar una -
señal de presión (positiva o negativa) en una correspondiente se
ñal de voltaje. A este respecto, el módulo lógico continuamente ve
rifica este voltaje para determinar si está dentro del rango acep-
table de operación (0.02 V - 4.9 V), si no es así, el sistema o-
perará en modo deficiente. Si el módulo lógico decide que la opera-
ción del sensor de presiones no es confiable, la ignora tomando en
su lugar la del sensor de posición del acelerador y velocidad del-
vehículo.

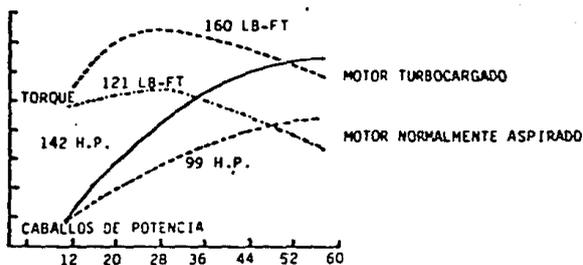
+ Sensor de posición del acelerador. Este sensor es utilizado por-
el módulo lógico para determinar si el acelerador está cerrado, --
parcialmente abierto o abierto totalmente, con el propósito de mo-
dificar la cantidad de combustible, controlar las RPM de marcha mí
nima y modificar la sobrealimentación de la turbina. Esta informa-
ción también es usada para enriquecer la mezcla durante las acele-
raciones y empobrecerla en desaceleraciones. La condición de acele-
rador cerrado se determina por el mínimo voltaje observado por el-
módulo lógico; siempre que se cumpla con este voltaje, el módulo -
asumirá una condición de RPM de marcha mínima. Para reconocer con-
diciones de acelerador abierto, debe existir un voltaje superior -
en 2 V al mínimo voltaje generado por el potenciómetro del sensor.

Si el voltaje es menor a 0.10 V o mayor a 4.7 V, se generará un código de falla. Bajo estas condiciones el módulo ignora a este sensor y toma la señal del sensor de velocidad.

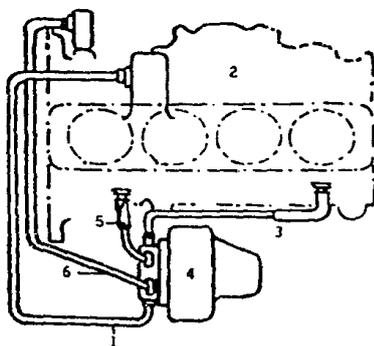
+ Sensor de velocidad.- Este sensor se encuentra conectado a la línea del chicote del velocímetro y se localiza en la carcasa de la transmisión. Está formado por un microinterruptor que genera señales pulsantes a un ritmo de 8 cada revolución del chicote del velocímetro, a través de ellas el módulo lógico calcula la velocidad del vehículo. El módulo lógico analiza la información del sensor para determinar si está funcionando o no, si el módulo no detecta ninguna actividad del sensor durante 7 segundos estando el acelerador completamente cerrado y siendo las RPM más de 2100, se generará un código de falla.

+ Sensor de detonación.- Está formado por un cristal piezoeléctrico que genera una señal de amplitud modulada proporcional a la intensidad de la detonación. Como la detonación (o cascabeleo) no es deseable en un motor, el módulo lógico al detectar esta señal, retrasa el avance de chispa y no permite que la turbina suba la presión de sobrealimentación.

Cuando el motor se encuentra operando a altas RPM, el ruido que produce es suficiente para excitar levemente al sensor, esta condición la emplea el módulo lógico para percatarse de que el sensor se encuentra trabajando. Si durante 3 segundos el módulo no recibe señal del sensor cuando el motor opera a 5000 RPM, enciende el letrero "Pérdida de Potencia" y limita la sobrealimentación --



Comparación en potencia y torque de los motores



- 1 Línea de retorno de agua
- 2 Ensemble del motor vista de planta
- 3 Línea de suministro de agua
- 4 Carcasa de la turbina del turbocargador
- 5 Línea de retorno de aceite
- 6 Línea de suministro de aceite

Diagrama esquemático del sistema de lubricación y enfriamiento del motor turbocargado

de la turbina a 3 PSI por arriba de la presión barométrica, para - protección del motor.

El módulo lógico evalúa en forma continua todos los circuitos de entrada y salida de los sensores; existen algunos sensores que los prueba sólo en ciertas condiciones, en general, se verifica la información que viene de los mismos para determinar la gama correcta de funcionamiento y si va de acuerdo con la información que es enviada por otros sensores. Si una señal de entrada o de salida es errónea cierto número de veces, el módulo lógico la considerará como problema verdadero y la almacenará en la memoria. El módulo lógico no considera a las condiciones pasajeras como problema verdadero, porque no son de suficiente severidad, no ocurren suficientes veces como para ocasionar un problema y no las cargará en la memoria.

Si se repara o desaparece el problema verdadero, el módulo lógico está programado para olvidarlo después de unos 30 arranques - del motor.

El motor turbocargado de 2.2 litros tiene cuatro cilindros -- con un diámetro de 87.5 mm. cada uno, una carrera de 92 mm. y un - desplazamiento total de $2\ 213\ \text{cm}^3$, mismos de su antecesor normalmente aspirado. El rango de torque es de 160 lb-ft a 3 200 RPM, de potencia neta, lo cual constituye un 43 % más en la potencia y un 32 % más de torque que el motor normalmente aspirado.

Aunque las características de diseño del motor turbocargado - están basadas en el motor de aspiración natural, varias modifica--

ciones internas fueron requeridas para satisfacer las necesidades de durabilidad; dentro de estas modificaciones pueden incluirse nuevos pistones, anillos, árbol de levas y nuevos componentes en el tren de válvula y cojinetes.

El turbocargador Garrett de estos vehículos se monta directamente a un soporte de hierro del múltiple de escape y alimenta a una pequeña ramificación de aluminio en el múltiple, mediante una manguera de conexión. Este arreglo satisface los requerimientos de no modificar los compartimientos del motor ya existentes, mientras que se provee al mismo de un tubo de escape y de una toma del múltiple que ocupan un volumen mínimo.

La inyección de combustible tipo multipunto fué seleccionada para lograr máximo rendimiento y compactibilidad con el arreglo del múltiple. Los inyectores de combustible Bosch dan un adecuado flujo de combustible, pero arriba de las 6 650 RPM del motor, el flujo de combustible se corta.

Para el control del aire, un nuevo cuerpo de la válvula del acelerador es montado en el lado de admisión del compresor del turbocargador por medio de una manguera de conexión.

Un nuevo sistema de control electrónico fué desarrollado para el motor turbocargado. El montaje del arreglo para la parte electrónica tiene dos ensambles separados: el módulo lógico, localizado dentro del vehículo en el compartimiento de pasajeros y el módulo de poder, localizado debajo del cofre del vehículo.

Un preciso control de la mezcla aire-combustible, tiempo de encendido, velocidad en vacío, un sistema de control de las detonaciones para protección del motor y otras funciones secundarias, - también son incluidas en este nuevo sistema.

Varios componentes básicos nuevos fueron necesarios, para acondicionar el turbocargador en el motor de 2.2 litros de aspiración normal ya existente. Sin embargo, debido a la integridad estructural del motor normalmente aspirado, sólo una pequeña parte de la mayoría de los componentes ya existentes requirieron de un rediseño para manejar la nueva carga impuesta por el turbocargador.

El monoblock requirió la adición de dos soportes para adaptar la instalación del turbocargador. Un soporte fué colocado en la pared inferior de la cubierta del cárter, para adaptar el drenaje - del aceite lubricante del turbocargador hacia el cárter del motor. Un segundo soporte fué colocado sobre la pared de la cubierta del cárter, para dar un punto de apoyo adicional al soporte del cojinete auxiliar, asociado con la flecha.

Los cojinetes usados en el árbol de levas y en las bielas del motor turbocargado son una aleación de plomo y aluminio, también usada en uno de dos de los cojinetes opcionales usados en el motor normalmente aspirado.

La junta de la cabeza de los cojinetes está compuesta de asbesto con un núcleo de acero, con los rebordes de la cámara de combustión de acero templado. Una prueba de desarrollo previa, usando

la junta del motor normalmente aspirado, reveló la necesidad de incrementar la resistencia de la junta alrededor de la cámara de combustión, para un sellado más seguro en las altas presiones de combustión del motor turbocargado.

Un nuevo pistón fué diseñado para suministrar mayor fuerza -- con una mejorada capacidad de disipación de calor, como es requerido por el motor turbocargado. El rango de compresión fué disminuído a 8.1:1, para ayudar en el control de la detonación en condiciones de operación de alto refuerzo con combustibles regulares.

Este bajo rango permite suficiente control sin recurrir a un excesivo retardo en la chispa, lo cual tendría como resultado temperaturas de entrada en la turbina arriba de los 900°C, límite máximo para una durabilidad aceptable de la carcasa de la turbina.

Después de varias pruebas y selecciones, el pistón final de la producción fué un diseño de moldeado permanente en aluminio fundido y apuntalado. La cabeza del pistón es cóncava para lograr el rango de 8.1:1 en la compresión mientras se mantiene un óptimo espacio de supresión para buenas características de combustión. Los anillos del pistón también requirieron una ligera mejora para manejar la carga incrementada del motor turbocargado.

El árbol de levas también fué modificado, para poder lograr un adecuado torque a bajas velocidades debido a los efectos adver-

sos que pueden resultar del retardo del turbocargador y del reducido rango de compresión empleado frecuentemente.

Se requirieron materiales mejorados para las válvulas de admisión y escape, para resistir y contener la alta carga termal del motor turbocargado. El resorte de las válvulas para el motor turbocargado, que tiene una carga de 104 lb. a válvula cerrada y de 175 lb. a válvula abierta, dan al tren de válvulas una capacidad dinámica más allá de lo programado, para la velocidad de corte de combustible que es de 6 650 RPM del motor.

El sistema de aceite del motor requiere varias modificaciones para satisfacer las más rigurosas demandas del motor turbocargado. El turbocargador representa un incremento significativo en la demanda total de aceite del motor y requiere de un sondeo exterior para suministrar su lubricación. Manejar el incremento en la demanda de aceite del turbocargador y mantener al mismo tiempo una apropiada presión de aceite, requirió un incremento de presión de alivio de la bomba de aceite de 10 psi y un decremento en la demanda de aceite del motor. Además de lo anterior, la capacidad de aceite en el motor fué aumentada de 4/4 de galón a 5/4 de galón, este incremento de capacidad resulta en una menor temperatura en el aceite del motor, más protección en el sistema de lubricación y un mejor rendimiento del nivel crítico de aceite bajo extremas maniobras de manejo.

Fueron rediseñados también, los múltiples de admisión y de escape para poder ser bien montados dentro del compartimiento del motor sin afectar el espacio que estaba destinado para ellos y además para poder soportar las rigurosas condiciones que el motor turbocargado impone. El sellado de los múltiples de admisión y escape a la superficie de la cabeza de los cilindros es crítico para la maniobrabilidad, durabilidad y rendimiento de un motor turbocargado. En consecuencia, se utiliza una junta de acero cubierta por los dos lados de aceite grafitado para asegurar un buen sellado con el terminado de la superficie de la base del múltiple de producción normal y suavidad mientras se acomoda el movimiento de la base asociado con el ciclo termal.

La unidad turbocargada Garrett No. B0335, fué seleccionada para el motor de 2.2 litros por sus características únicas de diseño las carcacas del compresor y la turbina, el codo de salida de la turbina y el ensamble del actuador de la compuerta de drenaje de presión residual.

Un alojamiento central enfriado por agua ha sido incluido para reducir la temperatura de los cojinetes, durante las condiciones de más alta temperatura; eliminando la necesidad de un período de enfriamiento en vacío antes de apagar el motor.

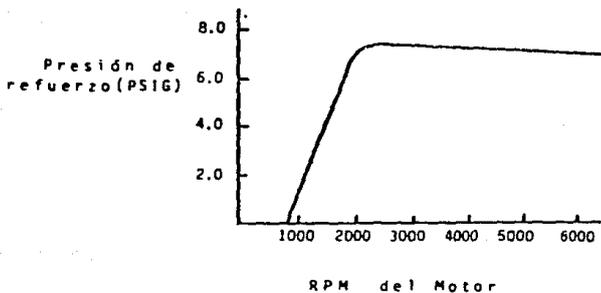


Fig. III.4 Grafica del refuerzo de presión contra RPM del motor.

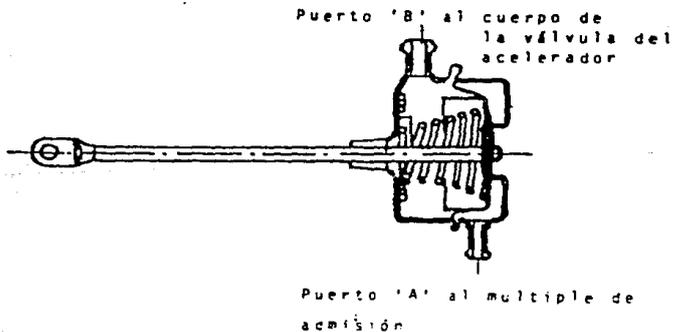


Fig. III.5 Compuerta de drenaje de presión residual

Los ajustes del turbocargador fueron hechos por medio de la combinación de pruebas de vehículo y dinamométricas. Numerosas evaluaciones de la sensibilidad de respuesta fueron necesarias para minimizar el llamado "turbo lag" o retraso del turbocargador, conservando altas RPM y manteniendo los límites de la temperatura de escape.

La gráfica del reforzador (Ver fig. III.4), muestra casi el máximo refuerzo a 2 000 RPM y una presión constante de 7.2 psi desde 2 400 RPM en adelante. Este registro del refuerzo a baja velocidad y el poco volúmen de los múltiples de admisión y escape, tienen como resultado una sensibilidad de respuesta excelente del vehículo.

El nivel de refuerzo es controlado por una compuerta de drenaje de presión residual con un actuador de doble puerta con diafragma y resorte (Fig. III.5). El puerto de accionamiento (puerto A) es conectado directamente al múltiple de admisión y el lado de referencia (puerto B) es conectado después del cuerpo de la válvula de aceleración o acelerador, sensando por lo tanto la presión de entrada al compresor. Como el cuerpo del acelerador está antes del compresor, el actuador está expuesto a los altos niveles de vacío del múltiple, y un puerto "B" de referencia es necesario para prevenir una deflexión excesiva del diafragma bajo estas condiciones.

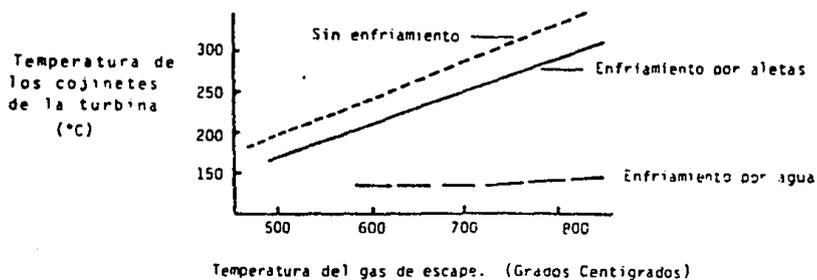


Fig. III.6 Gráfica comparativa de las temperaturas de los cojinetes de la turbina

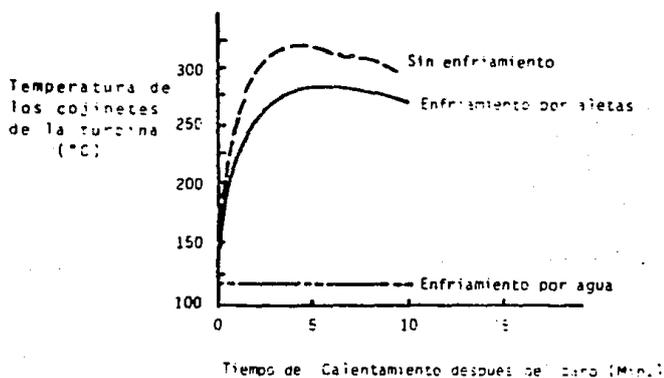


Fig. III.7 Elevación de temperatura de los cojinetes de la turbina

Algunos problemas en el turbocargador, como la corrosión rápida en los cojinetes de bronce de la flecha de la turbina, que provocan atascamiento, el daño en los sellos y empaques, provocados por la alta temperatura en el turbocargador, fueron resueltos por la selección de un sistema de enfriamiento adecuado, y el cambio de materia de los cojinetes, de bronce por aluminio.

De entre dos sistemas de enfriamiento de aire propuestos: uno con aletas de enfriamiento externas y otro con pasajes integrales de agua de enfriamiento, fué escogido el último por sus mejores resultados al mantener la temperatura de los cojinetes más baja según se muestra en las gráficas III.6 y III.7.

Como consecuencia de superar esa falla, e incluir el enfriamiento por agua, hubo la necesidad de colocar líneas externas de bombeo de agua además de las ya existentes para la lubricación del turbocargador.

El motor turbocargado es el que más demanda sistemas de control precisos y flexibles, los cuales son esenciales en el funcionamiento exitoso de cualquier motor de vehículo de pasajeros moderno.

Además del control de los problemas comunes como los requerimientos de emisión de gases, economía de combustible y maniobrabilidad; dos nuevos inconvenientes deben ser superados: los límites de la temperatura del gas de escape (entrada de la turbina) y la prevención de detonaciones destructivas. La interacción de la pre-

sión de refuerzo, la relación aire-combustible, el avance de la chispa y las condiciones de operación sobre la detonación, la temperatura del gas de escape, la carga termal y por consiguiente la durabilidad del motor, brinda nuevas dimensiones al desarrollo del motor y su control.

El flujo de aire primario en el motor es regulado por una válvula de aceleración de una garganta de 42 mm. de diámetro localizada arriba de la entrada del compresor. El cuerpo de aluminio fundido permite el montaje del actuador automático de velocidad en vacío, del potenciómetro de posición del acelerador y de varios niples de vacío. El actuador automático de velocidad en vacío, suministra un flujo de aire de "by pass" controlado, alrededor de la válvula de aceleración para el arranque, el calentamiento y el control de la velocidad normal de vacío. El principio de operación es controlar el aire de "by pass " por medio de un área variable formada por la intersección de una abertura en forma de "D". El aire proveniente de la parte anterior al acelerador pasa a través de la apertura formada, el área es aumentada o disminuida por un motor reversible de C.D. La duración del pulso y la polaridad son usadas para controlar y sensar la magnitud de la corrección cuando una desviación es determinada por la retroalimentación de la velocidad. - La unidad a su apertura máxima es capaz de suministrar suficiente aire para encender el motor a -29°C sin la ayuda de la válvula aceleradora.

Los componentes electrónicos del motor turbocargado se dividen en dos paquetes funcionales diferentes llamados módulo lógico y módulo

dulo de poder. El montaje de cada uno es como sigue: El módulo de poder va instalado en el compartimiento del motor en una caja de plástico y el módulo lógico va dentro de la cabina de pasajeros, - ésta disposición muestra algunas ventajas en el ruido de interferencia eléctrica, disipación de calor y para mantenimiento y servicio. El módulo lógico se basa en el microcomputador 6801U4 de Motorola e incluye una ROM de 6 k, una PROM externa de 2 K y 192 bytes de RAM.

La función primaria es procesar la entrada de información proveniente de varios sensores y computar los parámetros de salida de combustible, chispa y velocidad en vacío. Existen varias funciones secundarias como: sistema de recirculación de gases y control de purga "encendido-apagado", paro automático, control del modo de falla, corte del aire acondicionado, control del ventilador del radiador y diagnóstico.

La arquitectura de la memoria está diseñada de tal manera que las constantes de calibración están contenidas en una memoria PROM separada, por lo tanto sólo un componente necesita ser cambiado para una aplicación nueva en otro vehículo.

El módulo de poder contiene un suministro de corriente directa para dar un voltaje constante de 8 volts para el módulo lógico y - para otros dispositivos de alta corriente el módulo de poder recibe las señales de control del módulo lógico y suministra una señal apropiada a los inyectores y a los circuitos de inyección.

El sistema de suministro de combustible es un arreglo de inyección multipunto modulado por pulsos con un solenoide que opera al inyector, montado sobre el múltiple de admisión en cada cilindro. Una presión constante de 55 'psi en el combustible es suministrado a través de cada inyector por una bomba eléctrica y controlada por un regulador de diafragma y resorte, referido a la presión del múltiple.

Como el turbocargador incrementa significativamente el rango requerido de flujo de combustible, los inyectores convencionales se ven sometidos a severas condiciones de operación. Varias pruebas de inyectores con diferentes proporciones de trabajo fueron realizadas para seleccionar al mejor de todos y el inyector BOSCH EVI - con un flujo estático de 269 cc/min. fué el especificado para suministrar el suficiente combustible arriba de las 6 650 RPM, que es la velocidad a la cual el sistema de protección corta el combustible, evitando así las fallas potenciales en condiciones de plena carga. Por otro lado, la velocidad en vacío se colocó 100 RPM arriba de las del motor normalmente aspirado y algoritmos especiales de desaceleración fueron utilizados para incrementar el flujo de aire bajo condiciones donde el mínimo flujo de combustible en el inyector podrían exceder los requerimientos instantáneos del motor.

El suministro del combustible está ordenado de la siguiente forma: en dos grupos básicos de dos inyectores conectados por medio de su cableado en paralelo y que abren simultáneamente en cada rotación cigüeñal. Los inyectores se colocan por pares con los cilindros 1-2 y 3-4 con los cilindros numerados secuencialmente y con

un orden de encendido 1-3 - 4-2.

La programación de la sincronización de las bujías, es controlada por una serie de algoritmos completos, que permiten una programación sumamente flexible como función de la velocidad, carga, temperatura y otras condiciones de operación. A pesar de esta calibración flexible, el daño por detonaciones no puede ser evitado -- por el simple retardo de la chispa de la bujía, ni aún con el máximo refuerzo limitado a 7.2 psi.

A fin de cubrir estos extremos de la operación, un excesivo retardo de la chispa podría ser requerido y resultaría en un rendimiento insatisfactorio también como una inaceptable temperatura -- del gas de escape, por tanto el control de la detonación es esencial.

El sistema de detección de la detonación para el motor turboconsiste en un sensor de detonaciones, una detección electrónica de la detonación y un software en la unidad lógica para modificar la sincronización de la chispa cuando el cascabeleo esté presente.

El sensor de detonación es un cristal piezoeléctrico montado directamente sobre el múltiple de admisión del motor. El sensor es sintonizado para detectar los niveles de vibración característicos del motor durante la detonación y suministra una señal de voltaje proporcional a la intensidad del golpeteo. La parte electrónica in

terpreta esta señal comparándola a un nivel sensado anteriormente en el ángulo del cigüeñal, donde la detonación no ocurrió.

Los niveles de vibración anteriores se elevan con la velocidad del motor y deben ser tomadas en cuenta, para disminuir la sensibilidad a altas velocidades. Cuando la diferencia entre los niveles sensados anteriores y los actuales es significativa, una señal indica que ha ocurrido la detonación. La unidad lógica reacciona a esta señal retardando la sincronización de la chispa.

3.2 NISSAN.

Otra compañía automotriz que emplea turbocargador en sus unidades es Nissan Mexicana, que a diferencia de Chrysler, utiliza solamente turbocargador omitiendo la inyección de combustible, los motores de Nissan emplean un carburador presurizado que va instalado -- después del turbocargador, por lo que durante las fases de sobrealimentación la vena gaseosa que pasa a través del carburador es comprimida, o sea, que tiene valores de presión superiores a la presión atmosférica.

El motor empleado en los vehículos Nissan ha requerido de pocas modificaciones en los sistemas de encendido, de combustible y enfriamiento para aceptar el turbocargador.

Debido a que la mezcla aire-combustible es altamente comprimida (210 mm.Hg.) se requiere de una chispa más potente para encender la mezcla, motivo por lo que se adoptó un distribuidor de encendido electrónico y se disminuyó la resistencia de la bobina para -- permitir un mayor flujo de corriente eléctrica sin cambiar el número de espiras en el devanado primario y secundario.

El sistema para almacenar y llevar el combustible hasta el carburador incorpora algunos elementos nuevos como el tanque de combustible que aloja como una sola unidad a la bomba eléctrica de combustible y al medidor de nivel. La bomba trabaja a alta presión de descarga para vencer el aumento de presión generado en el múltiple de admisión por el uso del turbocargador, dicha bomba alimenta al car-

burador a través de un regulador de presión de características variables y que debe funcionar satisfactoriamente en marcha mínima, en operación baja y en alta velocidad.

La cámara de admisión de combustible en el regulador de presión está cerrada por un diafragma, el cual está sometido a la presión de un resorte localizado en la cámara opuesta; cuando existe presión de sobrealimentación, ésta ejerce su fuerza en el mismo sentido del resorte. La cámara de admisión contiene dos salidas de combustible, una hacia el carburador y otra de retorno hacia el tanque de combustible, estando en reposo el resorte mantiene el diafragma apoyado sobre la salida de retorno al tanque estando así cerrada, cuando el motor trabaja sin sobrealimentación la presión de combustible sobre la aguja no debe pasar de un cierto valor, por lo que el resorte deja que el diafragma abra la salida de retorno al tanque de combustible.

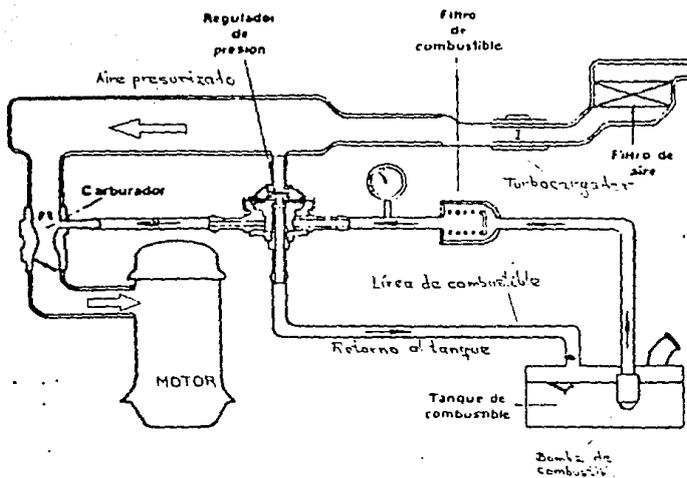
En la fase de sobrealimentación, la presión aumenta en la cámara opuesta, sumándose a la presión del resorte. El cierre de la salida de retorno al tanque de combustible permite a la bomba asegurar una alimentación suficiente al carburador.

En estos motores se incorporó un sensor de cascabeleo para que éste sea evitado y permitir que el tiempo de encendido sea ajustado automáticamente a un nivel ideal sin mostrar una baja drástica de la relación de compresión mejorando el funcionamiento del motor y la economía de combustible.

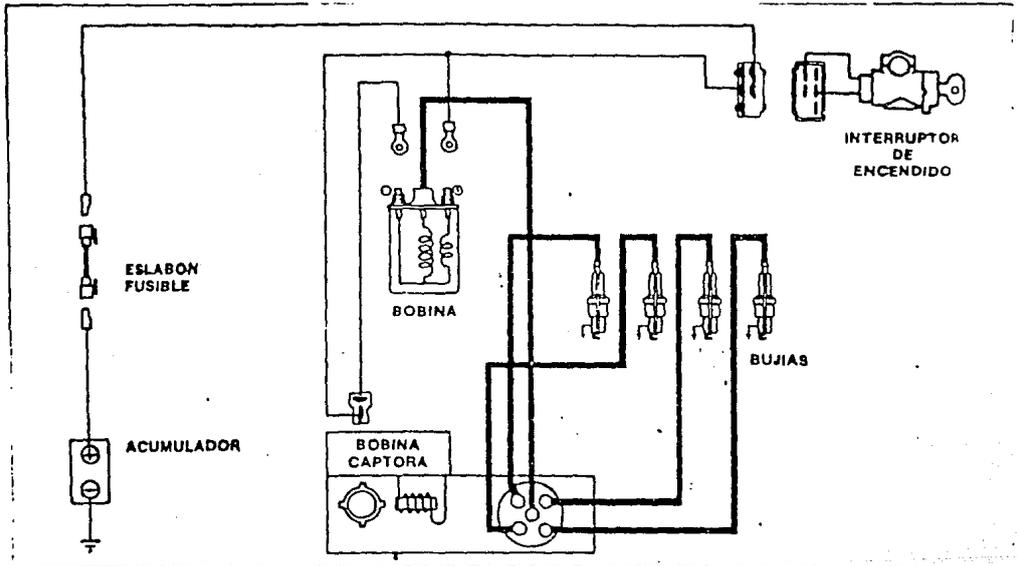
El sensor de cascabeleo contiene un núcleo ferromagnético que es excitado por un imán. Cuando las vibraciones de las detonaciones son transmitidas del block de cilindros a este núcleo, se crea una distorsión, la cual cambia la permeabilidad del núcleo. La densidad del flujo magnético que pasa a través del núcleo cambia y esto genera un voltaje de corriente alterna en la bobina que rodea el núcleo. Este voltaje es enviado al circuito de control y éste atrasa el tiempo de encendido entre 0° y 8°.

La capacidad de enfriamiento del motor se incrementó de un 10% a un 20 % comparado con los motores convencionales Nissan. Con la adopción del sistema turbo, la temperatura de operación del motor es mayor por el aumento de presión dentro de la cámara de combustión - por lo que se incorporó un radiador de mayor capacidad y un sistema de recuperación de agua más eficiente.

Otra modificación hecha en estos motores, fué el diseño nuevo del múltiple de escape, debido a la fijación de la caja de la turbina del turbocargador.



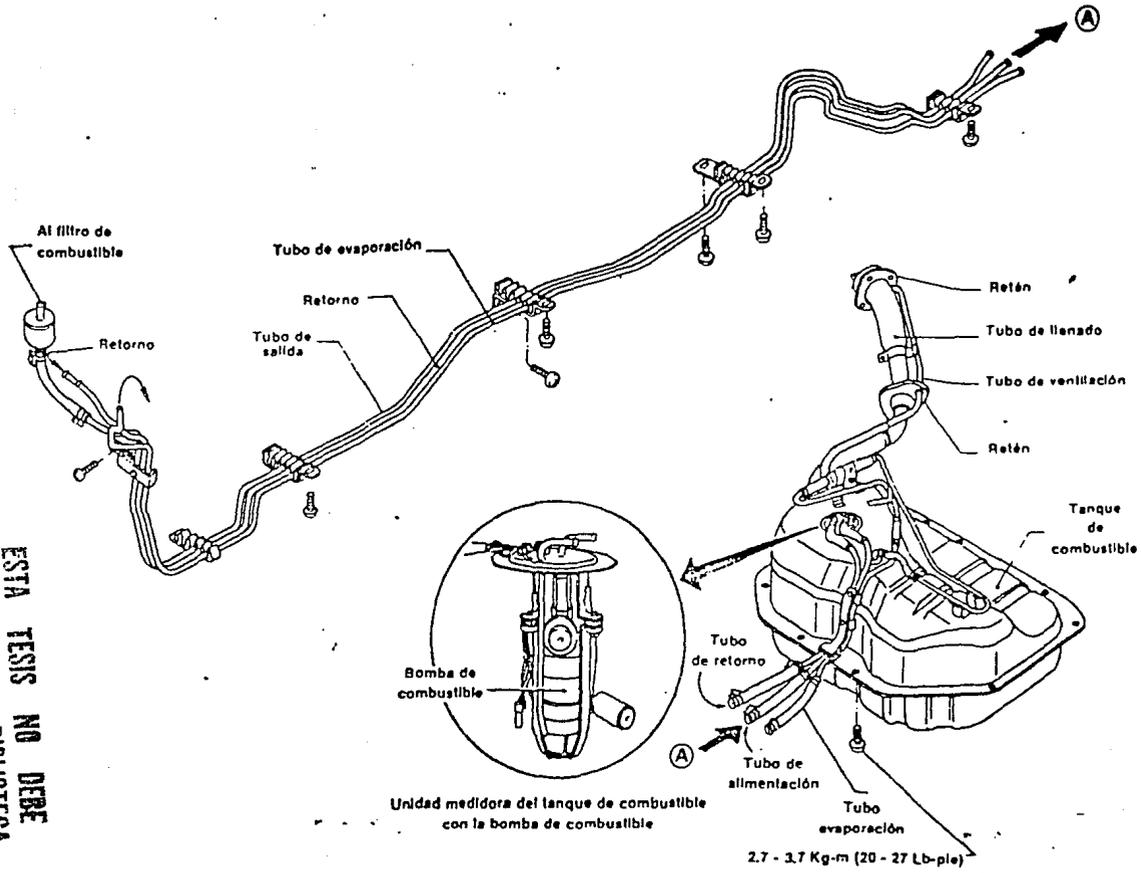
RUTAS DE AIRE Y COMBUSTIBLE EN
EL MOTOR NISSAN TURBO.

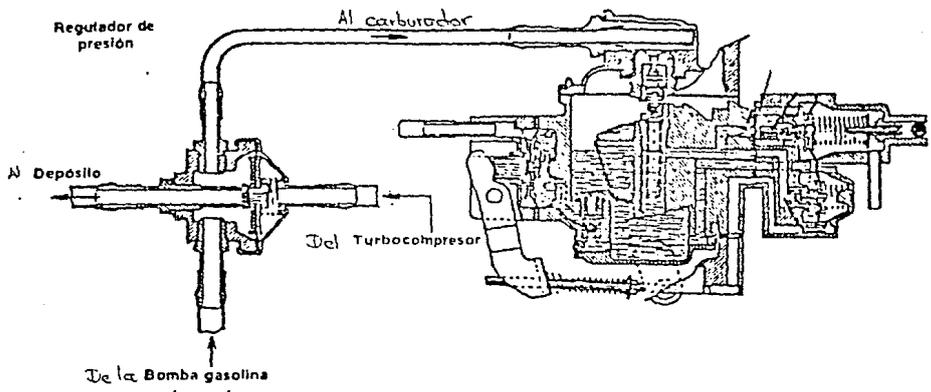


SISTEMA DE ENCENDIDO DEL MOTOR NISSAN TURBO

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**





REGULADOR DE PRESION DE COMBUSTIBLE

Fig.III.7

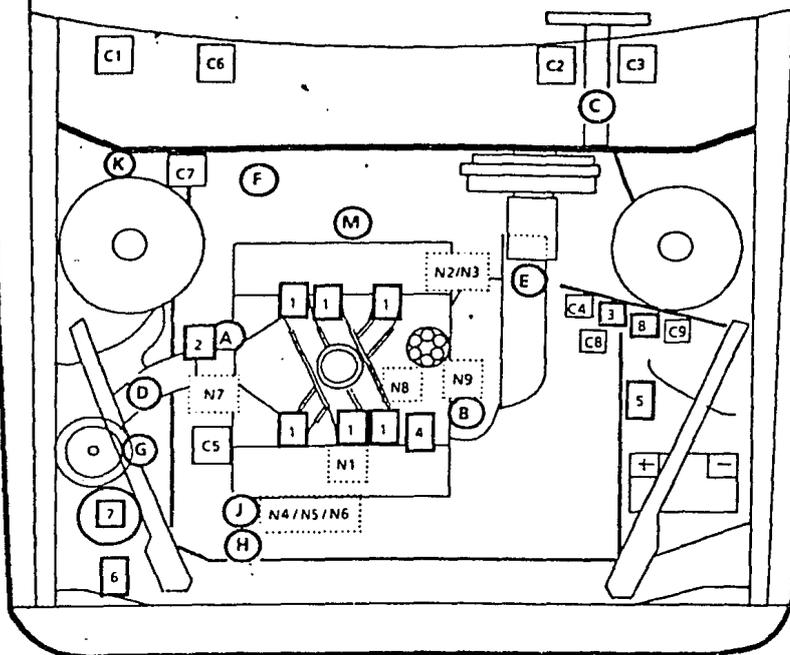
3.3 GENERAL MOTORS.

General Motors de México inició en 1986 la aplicación de inyección electrónica de combustible sin incluir turbocargador. Estos vehículos, al igual que los de Chrysler, utilizan un módulo electrónico de control y un determinado número de sensores de información para regular y optimizar su funcionamiento.

El Módulo Electrónico de Control (ECM) es el centro de con--trol del sistema de inyección de combustible. Recibe información en forma constante desde diversos sensores y controla los sistemas que afectan el desempeño del vehículo. El ECM también efectúa la fun---ción de diagnóstico del sistema, es capaz de reconocer problemas de funcionamiento, de alertar al conductor por medio de una luz de a--larma para que sea enviado a servicio y de registrar códigos que i--dentifican el área con problemas para ayudar al técnico en las reparaciones. Así mismo, suministra de 5 a 12 Volts para activar los diversos sensores y controla los circuitos de salida tales como los -inyectores, el control de marcha mínima, el relevador del ventila--dor del radiador, etc.

Los sensores de información utilizados por estos vehículos son los siguientes:

+ Sensor de temperatura del refrigerante.- Consiste en un termistor (resistencia eléctrica cuyo valor cambia según la temperatura) -- montado en la corriente del refrigerante del motor. Temperaturas bajas del refrigerante producen una resistencia alta (100 000 ohms a -40°C), mientras que temperaturas altas originan una resistencia -



COMPONENTES DEL SISTEMA

- C1 Módulo electrónico de control (ECM)
- C2 Conector de diagnóstico ALDL
- C3 Luz "SERVICE ENGINE SOON"
- C4 Fusible de alimentación del ECM
- C5 Tierra del ECM
- C6 Panel de fusibles
- C7 Conector de tiempo inicial
- C8 Conector prueba bomba gasolina
- C9 Fusible del Sensor de Masa (MAF)

NO CONECTADOS AL ECM

- N1 Válvula ventilación positiva (PCV)
- N2 Interruptor temp. motor (foco)
- N3 Sensor temp. motor (aguja)
- N4 Interrup. presión aceite (foco)
- N5 Medidor presión aceite (aguja)
- N6 Interrup. pres. aceite (para bomba gas.)
- N7 Inyector de arranque en frío
- N8 Interrup. inyector de arranque en frío
- N9 Interrup. control del ventilador

COMPONENTES CONTROLADOS

- 1 Inyector de combustible
- 2 Motor control aire para marcha mínima (IAC)
- 3 Relevador bomba de gasolina
- 4 Bobina de encendido remoto
- 5 Relevador ventilador enfriam. motor
- 6 Relévarador compresor de A/A
- 7 Solenoide del colector de vapores de combustible ("canister")
- B Relevador de Sensor de Masa (MAF)

SENSORES DE INFORMACION

- A Posición del acelerador (TPS)
- B Temperatura del refrigerante (CTS)
- C Velocidad del vehículo (VSS)
- D Masa de flujo de aire (MAF)
- E Interruptor Park/Neutral (P/N)
- F Interruptor presión P/S (PSPS)
- G Temp. aire del múltiple (MAT)
- H Interrup. vent. presión del A/A
- J Interrup. corte alta pres. A/A
- K Presión absoluta del múltiple (MAP)
- M Sensor de detonación

- Ubicación de los Componentes del Motor - 2.8L
con inyección electrónica de GM.

baja (70 ohms a 133°C).

El ECM suministra una señal de 5 voltios al sensor del refrigerante a través de una resistencia en el ECM y mide el voltaje, el cual tendrá un valor alto cuando el motor esté frío y bajo cuando el motor esté caliente. Al medir el voltaje, el ECM puede saber cuál es la temperatura del refrigerante, y dicha temperatura afecta la mayoría de los sistemas controlados por el ECM. Un problema en el circuito del sensor del refrigerante, deberá originar un código de falla.

+ Sensor de flujo de aire.- Mide la cantidad de aire que pasa a través del mismo, el ECM utiliza esta información para determinar la condición de funcionamiento del motor y controlar el suministro de combustible, una gran cantidad de aire indica aceleración, mientras que una cantidad pequeña indica desaceleración o marcha mínima. Este sensor produce una salida de frecuencia proporcional al aire que fluye a través del sensor. La salida varía desde unos 32 Hertz en marcha mínima hasta 150 Hertz con acelerador completamente abierto.

+ Sensor de temperatura de aire múltiple (MAT).- Este sensor consiste en un termistor montado en un costado del filtro de aire. El sensor y su conector son de apariencia y funcionamiento similar al sensor de temperatura del refrigerante. Temperaturas bajas producen una resistencia alta (100 000 ohms a -40°C/ -40°F) mientras que temperaturas altas originan una resistencia baja (70 ohms a 130°C/ 266°F).

Al medir el voltaje, el ECM puede saber cuál es la temperatura del-

aire de entrada y utiliza esta señal para compensar al sensor MAF, - en base a temperatura. El sensor MAT se usa también para ayudar en el control de sincronización de la chispa.

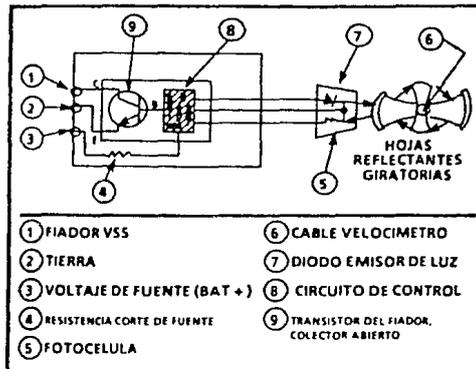
+ Sensor de posición del acelerador (TPS).- El sensor de posición del acelerador es un potenciómetro conectado al eje de aceleración en el cuerpo del acelerador. El circuito eléctrico del TPS consiste en una línea de alimentación de 5 V y una línea de tierra, ambas su ministradas por el ECM, y una salida o línea de señal TPS. Al medir el voltaje de esta línea de señal el ECM calcula la posición del acelerador, en la medida que el ángulo de la mariposa cambia (cuando se mueve el pedal del acelerador), la salida del TPS también -- cambia. En la posición del acelerador cerrado la salida del TPS es baja (aproximadamente 0.55 Voltios), en la medida que la mariposa se abre, la salida aumenta, hasta que, en la posición de acelerador completamente abierto, el voltaje llega a unos 4.5 V.

El ECM puede determinar la entrega de combustible en base al án gulo de la mariposa (requerido por el conductor). Un TPS roto o - flojo puede causar desbordamientos de combustible desde los inyecto res y una marcha mínima inestable, porque el ECM "cree" que el ace lerador se está moviendo. Si existe cualquier tipo de falla se en-- cenderá una luz que le indicará al conductor que existe un problema.

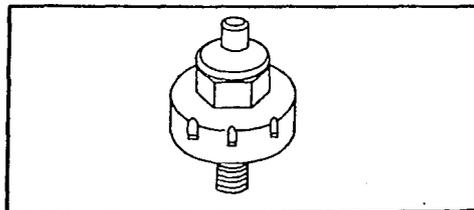
+ Sensor de presión absoluta del múltiple. (MAP). El sensor de -- presión absoluta del múltiple mide los cambios de presión en el múl tiple de admisión, resultantes de cambios en la carga del motor y - velocidad y convierte estos datos en un voltaje de salida.

Estando el acelerador cerrado, con el motor descargado (cuesta abajo), se producirá un voltaje MAP de salida relativamente bajo, mientras que el acelerador completamente abierto producirá un voltaje de salida alto. El sensor MAP también se usa para medir presión barométrica bajo ciertas condiciones, lo cual le permite al ECM ajustarse automáticamente a distintas altitudes. El ECM envía una señal de referencia de 5 voltios al sensor MAP, la resistencia eléctrica del sensor varía en la medida que la presión del múltiple cambia. Midiendo el voltaje de salida del sensor, el ECM puede saber cuál es la presión en el múltiple, una presión alta (voltaje alto) requiere más combustible, en tanto que una presión baja (voltaje bajo) requiere menos.

+ Sensor de velocidad del vehículo. (VSS). - Montado en la caja del conjunto de instrumentos, el VSS envía a tierra una señal de 12 voltios que le llega del ECM. El VSS genera un rayo de luz infrarrojo y lo dirige hacia la tapa del velocímetro, esta tapa es negra mate, con lo cual absorbe el rayo infrarrojo. Dentro de la tapa hay una cinta metálica brillante de dos orejas, la cual gira con el bable del velocímetro. Esta cinta metálica giratoria refleja el rayo de luz hacia el VSS, dentro del cual, una fotocelda detecta el rayo de luz y, a través de su propio circuito, envía a tierra la señal de 12 voltios que le llega del ECM. Esto ocurre 2 veces por cada revolución del cable del velocímetro.



- Sensor VSS



- Sensor de Detonación

Fig. III.9

+ Sensor de detonación.- El sensor de detonación transforma la energía mecánica de vibración en energía eléctrica, esto es, cuando se hace vibrar al sensor, genera un pequeño voltaje eléctrico de salida. Este voltaje real del sensor es muy pequeño, siendo el máximo de solo 0.01 voltios de CA. El ECM utiliza la señal que le llega del -- sensor de detonación, filtrando algunas que no representan una detonación verdadera y retrasa el avance total de la chispa.

La detonación tiene una frecuencia característica que varía con los distintos motores, así por ejemplo, en México, General Motors utiliza en sus motores de 2.8 litros una frecuencia característica de detonación de 6 000 hertz. Para que el sensor pueda captar esta frecuencia, se le ajusta en fábrica para que se active cuando la frecuencia característica del motor.

CAPITULO 4.

CONTAMINACION AMBIENTAL.

41. CONTAMINACION PRODUCIDA POR MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

La contaminación del aire provocada por los motores de los auto móviles, fué detectada por primera vez alrededor del año 1942 en Los Angeles, California. Debido a la reacción fotoquímica entre el dióxido de nitrógeno y los cientos de hidrocarburos que se encuentran en la atmósfera, el humo-niebla (smog) se eleva con la luz del sol. Entre los productos indeseables de las reacciones se encuentran el ozo no, los aldehídos y óxidos de nitrógeno; todos éstos son muy oxidables en la naturaleza y provocan irritaciones en los ojos y en la garganta. Las emisiones de los motores de combustión interna incluyen también el escape, éstos pueden variar en forma considerable tanto en cantidad como en composición, según el tipo de motor, el diseño, el tipo de sistema de combustible, la volatilidad del mismo y el punto de operación del motor. Para un motor que no tenga control de emisio nes, se estima que de los hidrocarburos que emite, del 20 al 25 % sa len del escape de gases del cilindro, el 60 % está formado por los gases des escape y el balance de las pérdidas por evaporación en ori mer lugar las que se realizan en el tanque de combustible y las más pequeñas en el carburador, todas las otras emisiones son hidrocarburos emanados del escape.

Un mínimo de 200 compuestos de hidrocarburos (HC) han sido iden tificados en los gases de escape, algunos, como los compuestos de la olefina, reaccionan muy rápido y en una gran extensión de la atmósfe ra para formar productos que componen el smog; estos hidrocarburos -

son témicamente reactivos, otros como las parafinas, no son reactivos.

Los óxidos de nitrógeno atmosféricos (NOx) son una mezcla de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Los óxidos de azufre (SOx) se originan en el azufre contenido en el combustible y están formados por una mezcla de SO₂, SO₃ y SO₄. El ácido sulfúrico puede ser un producto en algunos convertidores catalíticos durante la oxidación de los gases de escape.

Las cantidades omitidas en los principales constituyentes de los gases de escape (CO, H₂O, CO₂, H₂, O₂, N₂), se mencionan con la mayor frecuencia como porcentaje molar, y los constituyentes presentes sólo como rastros (HC, NO) se dan como moles por millón de moles (ppm); puede suponerse que ppm en porcentaje, en volumen es igual que ppm por volumen.

Los hidrocarburos se dan por lo común como ppm en hexano equivalente (C₆H₁₄) o como ppm de carbón (C₁).

Emissiones de hidrocarburos.

En las condiciones de operación de un motor en que el escape-residual de los cilindros es alto, la propagación de una flama incompleta puede dar lugar a que una parte de la cámara de combustión permanezca sin que su contenido se quemé, de esta manera, pueden tenerse emisiones de varios miles de ppm de hidrocarburos. Cuando los residuos exceden del 15 % en peso, puede ser que se tenga alguna -

combustión incompleta que, por lo común, es la mayor fuente de emisión de hidrocarburos. En los motores carburados en que la presión interna excede a la presión del escape, la pérdida de mezcla cruda durante el período de traslape de las válvulas, da lugar a las emisiones de hidrocarburos muy elevadas.

Emissiones de monóxido de carbono.

La principal fuente de monóxido de carbono (CO) en el escape es la combustión de una mezcla rica. En la fig. IV.1 se ilustra la composición de los gases en el escape a medida que la concentra----
ción de la mezcla varía. Ciclo a ciclo y cilindro a cilindro la ma
la distribución aumenta la cantidad de CO. Cantidades adicionales-
de CO pueden originarse en una combustión incompleta de HC en los dispositivos para el tratamiento de los gases de escape.

Emissiones de óxidos de nitrógeno.

El principal óxido de nitrógeno en las emisiones de los moto
res es el óxido nítrico (NO). La formación del NO es de relativa -
lentitud en los gases producto de la combustión después de la fla-
ma; su formación depende en primer lugar de la temperatura máxima-
delg as en la combustión y en menor proporción de la cantidad de -
oxígeno presente en ella. Una vez formado el NO, tiende a congelar
se y persiste en grandes concentraciones sin llegar al equilibrio,
durante los ciclos de expansión y escape. Cuando las mezclas son -
más pobres que el 30 % o cuando se inyecta aire en los gases de es
cape, puede llegar a oxidarse alrededor del 5 % del NO para conver

tirse en NO_2 previo a la salida del tubo de escape. La variación del óxido nítrico, conforme va cambiando la concentración de la mezcla, se ilustra en la fig.IV.1.

Emissiones de aldehídos.

Los aldehídos son productos de la combustión incompleta de la oxidación de los hidrocarburos. Estos se originan en las mismas fuentes que producen los HC no quemados, como son los mecanismos de combustión incompleta, pero también pueden formarse en las reacciones de oxidación de los sistemas de escape a bajas temperaturas. Los gases de escape de un motor de gasolina típico, contienen 100 ppm de aldehídos, el contenido es menor para las mezclas ricas y mayor para las pobres.

Emisión de partículas.

Las emisiones de partículas sólidas en los motores de gasolina están formadas en primer lugar por carbón, metales, óxidos metálicos y haluros metálicos cuando se han agregado al motor colectores de impurezas. Los metales se originan en el combustible y los aditivos de los lubricantes, como el plomo, el fósforo, el zinc y el bario, tanto como el desgaste del motor y del óxido en las partes metálicas interiores.

El traslape de las válvulas y la contrapresión en el escape, afectan las emisiones de HC y NO_x a través de los cambios que se presentan en los gases de escape residuales, si se aumentan los --

traslapes, disminuyen las emisiones de NOx y puede disminuir también la emisión de HC. Cuando se tienen cargas muy ligeras, se producen excesivos residuos de plomo debido a la combustión incompleta, con lo cual se obtiene un aumento en las emisiones de hidrocarburos. Una preparación de la mezcla y su distribución óptimas, son la clave para lograr la mínima cantidad de emisiones. Si se retarda el tiempo del encendido para obtener el mejor rendimiento, se reducen en forma significativa las emisiones de HC y NOx; un retardo excesivo las aumenta; si se aumenta la velocidad del motor, se reducen las emisiones de HC como ppm. Cuando se incrementa la carga aumentan las emisiones de NOx, al elevarse la temperatura del líquido refrigerante por lo general se reducen las emisiones de HC y aumentan las de NOx.

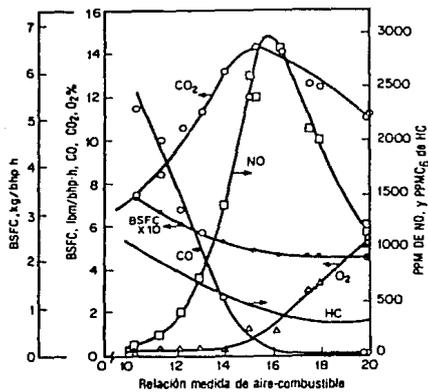


Fig. IV.1

4.2 REDUCCION DE CONTAMINANTES EN MOTORES TURBOCARGADOS.

Una de las razones para introducir automóviles turbocargados-comercialmente, es el hecho de reducir los agentes contaminantes - productos de la combustión. Ya en la última década se habían implementado los sistemas para reducir de una manera significativa las emisiones en los motores de combustión interna, pero las mejoras - que ofrecen los motores turbocargados son aún mayores.

Algunos sistemas anticontaminantes utilizados en los motores carburados son los siguientes:

Compensador Alimétrico.-Este sistema tiene como finalidad lograr una mejor mezcla de aire-combustible ya que el motor requiere de - aire adicional de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar donde esté trabajando. El compensador alimétrico permite la entrada adicional de aire hacia el carburador, debido a la falta del mismo en la atmósfera por la altitud.

Cánister.- El Cánister es un depósito de carbón activado (Carbón-mineral) en donde se depositan momentáneamente los vapores de gasolina que provienen del tanque de combustible y de la cuba del -- carburador cuando el motor está apagado. Cuando el motor está funcionando, los vapores son absorbidos hacia el múltiple de admisión para ser quemados en la cámara de combustión y que no salgan a la atmósfera donde son agentes contaminantes.

Ventilación de la cuba del carburador.- Los motores con este sistema tienen una válvula solenoide instalada en el carburador con el propósito de permitir el paso de los vapores de combustible de la cuba del carburador hacia el cánister; ésto se lleva a cabo cuando el motor está sin funcionar. Cuando el motor está en funcionamiento la válvula se cierra eléctricamente para que los vapores atrapados en el cánister sean absorbidos por el motor para ser quemados.

Válvula PCV (Ventilación positiva del Cáster).- La válvula de ventilación positiva del Cáster se utiliza para permitir el paso de los vapores y gases que se acumulan en el interior del motor (cáster), los vapores de gasolina, aceite y escape de gases, son succionados hacia el múltiple de admisión durante la compresión y quemados en la cámara de combustión, así se evita que salgan a contaminar la atmósfera.

En algunos motores turbocargados se conservan aún elementos como el Cánister, la válvula PCV y el compensador altimétrico que viene a ser sustituido en ocasiones por un sensor de presiones. La purga del cánister está controlada por el módulo de control electrónico o microcompensador, el solenoide de purga permite que el vacío fluya a la válvula de control cuando el módulo electrónico energiza el solenoide. Cuando la regulación de aceleración está abierta, el solenoide es desenergizado para permitir que el vacío del múltiple del motor fluya a la válvula de control, el cánister entonces purgará los vapores de combustible. El módulo electrónico suministra pulsos para energizar el solenoide (Purga no permitida). El ciclo de trabajo (anchura de pulso) se determina por la cantidad de flujo de aire.

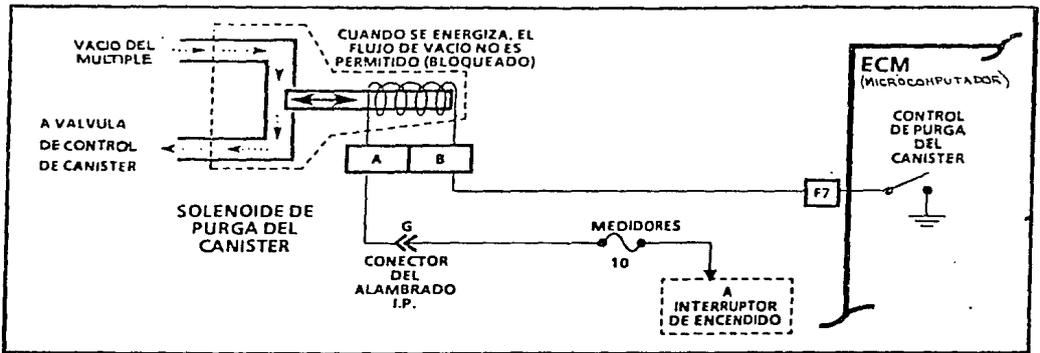


FIG. IV.2

A finales de 1988 el Departamento del Distrito Federal adoptó un programa para disminuir el grado de contaminación que provocan los vehículos en la Ciudad de México, consistente en realizar una inspección de diversos elementos del automóvil y un análisis de los gases de escape del motor.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología implantó así mismo, ciertos valores máximos de gases contaminantes emitidos por los vehículos según el año de su fabricación. Dichos valores pueden verse en la tabla siguiente:

AÑO	HC (ppm)	CO (%)
Hasta 1979	700	6.0
1980-1986	500	4.0
1987 y post.	400	3.0

En la cual, los valores que se muestran son los máximos permisibles para aprobar la verificación.

A continuación se anexa una circular distribuida por el D.D.F. con recomendaciones para cumplir con la verificación de vehículos en la Ciudad de México.

CONCLUSIONES.

El desarrollo de la electrónica y el uso de microcomputadoras ha permitido, como se ha visto, implementar sistemas que puedan medir diferentes condiciones en el funcionamiento de los motores de automóvil, con lo cual se pretende utilizar de una manera más eficiente el combustible para el funcionamiento de los mismos. El incremento en la potencia de dichos motores también ha tenido un aumento considerable teniendo en cuenta que en su mayor parte son motores de cuatro cilindros y de un desplazamiento no mayor a los $2\ 500\text{ cm}^3$.

Por medio de los sistemas estudiados anteriormente se miden cantidades específicas de aire y combustible, lo que reduce de una manera importante las emisiones contaminantes.

A continuación se anexa una tabla con valores comparativos de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados de diferentes modelos de vehículos que fueron analizados en el Centro de Verificación Núm. 222 "Servicio Técnico Automotriz" y hecho con el analizador de gases marca Sun, modelo 500. Debe hacerse notar que los motores estaban recién afinados.

MARCA	MODELO	% CO	HC sin quemar (ppm)
Ford Fairmont	1981	3.0	380
Volare K	1988	2.5	300
VW Corsar	1984	2.5	270
Ford Galaxie	1975	4.5	480
Nissan Ninja (turbo)	1989	2.1	200
Datsun	1982	3.5	290
VW Combi	1974	4.3	420
Ford Cougar	1985	2.0	200
Phantom (Turbo)	1987	1.5	90
VW Sedán	1976	3.8	400
Magnum K (turbo)	1988	0.8	100
Dodge	1974	3.5	540
Datsun	1981	3.2	250
Dodge	1980	3.4	280
New Yorker (turbo)	1988	1.3	120
Wagoneer	1982	2.3	220
Le Barón K (turbo)	1986	1.8	190
Century (Inyección Elect.)	1986	0.2	200
VW Brasilia	1977	2.4	280
Phantom (turbo)	1988	2.1	150
Ford Fairmont	1982	3.2	310
Tsuru (turbo)	1988	2.5	220
Cutlass (Inyección Elect.)	1989	0.1	200
Ford L.T.D.	1980	2.8	290
Magnum K (turbo)	1987	1.2	100

MARCA	MODELO	% CO	HC sin quemar (ppm)
Le Barón K (turbo)	1984	1.4	150
Century (Inyección Elect.)	1987	0.5	230
Tsuru (turbo)	1989	2.3	200
New Yorker (turbo)	1987	1.0	130
Renault	1976	4.2	460
Ford Topáz	1984	2.3	240
VW Sedán	1981	2.8	270
Malibú	1980	2.5	250

Puede observarse que los automóviles equipados con motor turbocargado poseen valores inferiores tanto en HC como en CO a los motores normalmente aspirados.

En los motores de General Motors (en Century y Cutlass) se puede ver -- que el porcentaje de CO disminuye en una forma considerable y no tanto en -- valores de HC, en comparación con los motores de Chrysler y Nissan.

Los motores de Chrysler (Phantom, Magnum K, New Yorker, Le Barón K) -- disminuyen en HC en relación a los otros motores de manera considerable, -- siendo éstos los más bajos.

Por su parte NISSAN (Ninja, Tsuru) posee valores que pueden compararse con los obtenidos de los motores de aspiración natural, t no representan una disminución que sea distintiva de estos motores.

Podemos concluir que Chrysler posee los valores menores de HC- y CO en sus vehículos y por lo tanto sus unidades son las menos con taminantes.

Se debe recordar que General Motors emplea en sus motores sólo inyección de combustible; Nissan sólo emplea turbocargador y Chrysler combina en su funcionamiento la inyección de combustible y el - turbocargador.

Con los valores anteriores se demuestra lo que la presente tesis trata de apoyar: la eficiencia en el quemado de combustible de los motores turbocargados así como la disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera.

B I B L I O G R A F I A.

- 1.- MARKS MANUAL DEL INGENIERO MECANICO.
Mc. Graw Hill. Octava edición. México 1984.
- 2.- TURBO, SOBREALIMENTACION DE MOTORES RAPIDOS.
Juan Millares de Imperial.
Biblioteca del automóvil.
Ed. CEAC, Barcelona 1983.
- 3.- MOTORES DE EXPLOSION.
Roberto San Pedro.
Ed. Mitre, Argentina 1974.
- 4.- MANUAL PARA EL AFINADO DE MOTORES.
Ralph Jay Everest
Ed. Diana, México 1978.
- 5.- MANUAL DE REPARACION Y AFINACION DATSUN.
Kerry A. Freeman.
Chilton Limusa, México 1982.
- 6.- DIAGNOSTICO Y AFINACION TSURU TURBOCARGADO.
Cámara Nacional de la Industria de Transformación.
México 1988.
- 7.- MANUAL DE DIAGNOSTICO TURBO CHYRSLER.
Chrysler de México S.A.
Centro de capacitación técnica, México 1984, 1985, 1987.

8.- INYECCION ELECTRONICA DE COMBUSTIBLE GENERAL MOTORS.

General Motors de México.

Asesoría y capacitación, México 1988.

9.- TESIS. SISTEMA DE ENCENDIDO PARA AUTOMOVILES SATURANDO LA BOBINA
POR MEDIO DE UN PULSADOR ELECTROMAGNETICO.

Universidad Iberoamericana.

Federico Joaquín Espriú Vidales.

México 1977.