

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

INSTRUMENTACIÓN DE LOS BANCOS DE PRUEBAS DE  
MOTORES DE CICLO OTTO DEL CCICEV

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO  
EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ERIKA ESTEFANÍA GUERRERO ESPÍN: [erikaege@hotmail.com](mailto:erikaege@hotmail.com)  
FRANCISCO NICOLÁS LOGROÑO FÉLIX: [paclogvil@yahoo.es](mailto:paclogvil@yahoo.es)

DIRECTOR: DR. ÁLVARO AGUINAGA: [alvaro.aguinaga@epn.edu.ec](mailto:alvaro.aguinaga@epn.edu.ec)

Quito, JUNIO 2010

## DECLARACIÓN

Nosotros, Erika Estefanía Guerrero Espín y Francisco Nicolás Logroño Félix, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Erika Guerrero**

---

**Francisco Logroño**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por la señorita Erika Estefanía Guerrero Espín y el señor Francisco Nicolás Logroño Félix, bajo mi supervisión.

---

**Dr. Álvaro Aguinaga**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, a la Virgen María y todas aquellas personas que me supieron apoyar, entender y animar cuando lo necesitaba:

A ti, que me brindaste tu amistad, y valoraste la mía

Que sin dudarlo me llamaste amiga y me contagiaste tu alegría,

Que no me abandonaste, aun cuando debías.

A ti, que me apoyaste un día entero

Que me hablaste duro cuando decía ya no quiero

Y me acompañaste en noches de desvelo.

A ti que sin hablarme dijiste ¡se que lo harás!

Aun cuando decaía y del deber me alejaba

Con tu mirada tierna no lo dudaste jamás,

Gracias papá, gracias mamá.

A ti q soportaste mi mal genio

Que con paciencia y ternura de mi no te alejaste

Q no te importo mi carácter tremendo

Y a ver lo positivo de la vida me ensañaste.

A ti que con tu sonrisa secaste mi llanto

Que me ofreciste tu hombro y me diste un abrazo

Que pensaste en mí dejando a un lado lo tuyo

Te digo ¡gracias amiga, gracias amigo!

Por ser más que un compañero mí amigo,

Mi agradecimiento a especial a ti Panchito.

Erika.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme la vida y las bendiciones que me ha dado.

Agradezco a mi padre y mi madre por todo el apoyo que han brindado en todo el transcurso de mi carrera estudiantil.

A mi abuelita Ana que me ayudó cuando lo necesité.

A todos mis amigos y familiares que de una u otra forma me han apoyado.

A mi amiga y compañera Erika por todo el esfuerzo que pusimos para culminar este proyecto.

A los Ingenieros de la carrera que han sabido transmitir su conocimiento.

A nuestro tutor el Doctor Álvaro Aguinaga que supo despejar nuestras dudas y guiarnos hasta culminar este proyecto.

Al Ingeniero Ángel Portilla así como a los compañeros del CCICEV por su ayuda y colaboración.

Francisco.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a mi familia, en especial a mi sobrino Estebi.

Erika.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia.

Francisco.

# ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO 1	
MOTOR CICLO OTTO .....	1
1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	1
1.1.1 CICLO OTTO .....	1
1.1.2 EL MOTOR DE CICLO OTTO.....	3
1.1.3 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MOTOR.....	4
1.2 PARTES PRINCIPALES.....	5
1.2.1 CULATA.....	6
1.2.2 ÁRBOL DE LEVAS .....	7
1.2.3 BLOQUE DE CILINDROS.....	9
1.2.4 VÁLVULAS .....	10
1.2.5 PISTÓN.....	11
1.2.6 BIELA.....	12
1.2.7 CIGÜEÑAL.....	13
1.2.8 VOLANTE .....	14
1.3 SISTEMAS DEL MOTOR CICLO OTTO .....	15
1.3.1 EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN .....	15
1.3.1.1 Componentes.....	17
1.3.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO O REFRIGERACIÓN.....	18
1.3.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	20
1.3.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	21
1.3.4.1 Sistema de alimentación por carburador .....	21
1.3.4.1.1 Partes del carburador.....	22

1.3.4.2	Sistema de alimentación por inyección electrónica.....	24
1.3.4.2.1	Principio de funcionamiento de un sistema de inyección electrónica. ....	26
1.3.5	SISTEMA DE ENCENDIDO.....	26
1.3.5.1	Encendido convencional. ....	27
1.3.5.2	Encendido electrónico integral.....	28
1.3.5.3	Encendido electrónico programado .....	29
1.3.5.4	Encendido totalmente electrónico o estático.....	31
1.4	CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR. ....	33
1.4.1	EL PAR MOTOR.....	34
1.4.1.1	Valor medio del par.....	35
1.4.1.2	Curva del par motor .....	36
1.4.2	LA POTENCIA DE UN MOTOR.....	37
1.4.2.1	Curva de potencia.....	38
1.4.2.2	Clases de potencia .....	39
1.4.3	CONSUMO ESPECÍFICO.....	40

## CAPITULO 2

MEDICIONES EN EL BANCO DE PRUEBAS.....	42
2.1 NORMAS APLICADAS .....	42
2.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	42
2.2.1 BANCO DE PRUEBAS .....	42
2.2.1.1 Motores de ciclo Otto .....	43
2.2.1.2 Dinamómetro de banco eléctrico .....	44
2.2.1.2.1 Especificaciones técnicas del banco de pruebas .....	46
2.2.1.2.2 Calibración del equipo.....	47
2.2.2 ANALIZADOR DE GASES DE ESCAPE .....	48

2.2.3	LÁMPARA ESTROBOSCÓPICA .....	49
2.2.3.1	Especificaciones del equipo.....	49
2.2.4	INSTRUMENTOS VARIOS.....	50
2.3	MÉTODOS UTILIZADOS ACTUALMENTE POR EL CCICEV .....	50
2.3.1	TORQUE Y POTENCIA.....	50
2.3.2	ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE .....	51
2.3.3	CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	53
2.3.4	OBTENCIÓN DE RESULTADOS FINALES.....	54

### CAPÍTULO 3

	INSTRUMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.....	56
3.1	DISPOSITIVOS PARA MEDIR CAUDAL Y VELOCIDAD DE FLUIDOS.....	56
3.1.1	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN.....	56
3.1.1.1	Rango .....	57
3.1.1.2	Exactitud requerida.....	57
3.1.1.3	Pérdida de Presión .....	57
3.1.1.4	Tipo de Indicación.....	57
3.1.1.5	Tipo de Fluido .....	58
3.1.1.6	Calibración.....	58
3.1.1.7	Presupuesto.....	58
3.1.2	MEDIDORES DE CARGA VARIABLE .....	59
3.1.2.1	Tubo venturi .....	59
3.1.2.2	Boquilla de flujo.....	62
3.1.2.3	Placa Orificio.....	63
3.1.3	MEDIDORES DE ÁREA VARIABLE .....	64
3.1.4	MEDIDORES DE FLUJO DE TURBINA .....	65
3.1.5	MEDIDORES DE FLUJO DE VÓRTICE .....	66

3.1.6	MEDIDORES DE FLUJO MAGNÉTICO .....	68
3.1.7	MEDIDORES DE FLUJO ULTRASÓNICOS .....	68
3.1.8	MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO .....	70
3.1.9	MEDIDORES DE FLUJO MÁSICO .....	71
3.2	SELECCIÓN DE FLUJÓMETROS .....	74
3.2.1	FLUJÓMETROS BIOTECH .....	75
3.2.1.1	Flujómetro 97478054-FCH-m-Pom .....	76
3.2.1.2	Flujómetro 97478122_FCH-m-Pom .....	77
3.2.2	DISPLAYS BIOTECH .....	77
3.2.2.1	Display Totalizador ARS260 .....	78
3.2.2.1.1	Programación .....	79
3.2.2.2	Display Restador ARS261 .....	82
3.2.2.2.1	Programación .....	83
3.3	INSTALACIÓN DE LOS FLUJOMETROS .....	85
3.3.1	INSTALACIÓN DE FLUJÓMETROS EN EL BANCO DE MOTOR A CARBURACIÓN .....	86
3.3.2	INSTALACIÓN DE FLUJÓMETROS EN EL BANCO DE MOTOR A INYECCIÓN .....	88
3.3.3	INSTALACIÓN DE LOS DISPLAYS EN LOS BANCOS DE MOTORES	89
3.4	REUBICACIÓN DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE EN LOS MOTORES .....	94

## CAPÍTULO 4

	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	97
4.1	REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON EL BANCO INSTRUMENTADO .....	97
4.2	PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	98
4.2.1	PROTOCOLO DE PRUEBAS EN EL MOTOR DE CICLO OTTO DE INYECCIÓN SIN CARGA .....	99

4.2.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS EN EL MOTOR DE CICLO OTTO DE CARBURACIÓN SIN CARGA.....	102
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	113

## CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	116
5.1 CONCLUSIONES.....	116
5.2 RECOMENDACIONES .....	118
BIBLIOGRAFÍA .....	120
ANEXOS .....	122
ANEXO 1.....	123
ANEXO 2.....	124
ANEXO 3.....	125
ANEXO 4.....	126
APÉNDICES.....	127
APÉNDICE 1 .....	128
APÉNDICE 2 .....	141

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1

### MOTOR CICLO OTTO

Fig. 1.1 Ciclo Otto.....	1
Fig. 1.2 Motor de ciclo Otto. ....	3
Fig. 1.3 Los cuatro tiempos de un motor gasolina.....	4
Fig. 1.4 Motor de gasolina.....	5
Fig. 1.5 Partes principales del motor. ....	6
Fig. 1.6 Culata de un motor.....	7
Fig. 1.7 Componentes de un árbol de levas típico. ....	8
Fig. 1.8 Bloque de cilindros. ....	9
Fig. 1.9 Tipos de bloques de cilindros. ....	10
Fig. 1.10 Tipos de Válvulas. ....	10
Fig. 1.11 Válvulas en los cilindros. ....	11
Fig. 1.12 Pistón y Biela.....	12
Fig. 1.13 Biela. ....	13
Fig. 1.14 EL Cigüeñal.....	13
Fig. 1.15 Esquema del volante de inercia y su ubicación.....	14
Fig. 1.16 Esquema explicativo del diagrama de distribución.....	17
Fig. 1.17 Esquema de los elementos del sistema de distribución. ....	18
Fig. 1.18 Sistema de refrigeración.....	18
Fig. 1.19 El termostato en el sistema de refrigeración. ....	19
Fig. 1.20 Sistema de lubricación ....	20
Fig. 1.21 Circuito de alimentación por bomba. ....	21
Fig. 1.22 Pulverización del líquido.....	22

Fig. 1.23 partes de un carburador .....	23
Fig. 1.24 Componentes básicos de un motor de inyección electrónica de combustible. ....	25
Fig. 1.25 Componentes del sistema de encendido.....	28
Fig. 1.26 Conjunto de elementos el encendido integral.....	29
Fig. 1.27 Cartografía compleja del encendido del motronic .....	31
Fig. 1.28 Esquema de la distribución estática. ....	32
Fig. 1.29 Curvas Características del motor. ....	34
Fig. 1.30 Esquema de los elementos relacionados con el par motor. ....	35
Fig. 1.31 Diagrama del par en motor de 4 tiempos .....	36
Fig. 1.32 Ejemplos de curvas del par motor .....	37
Fig. 1.33 par y potencia.....	39
Fig. 1.34 Ejemplo de Curva de consumo específico.....	40

## CAPITULO 2

### MEDICIONES EN EL BANCO DE PRUEBAS

Fig. 2.1 Motor a carburador .....	43
Fig. 2.2 Motor con inyección electrónica .....	44
Fig. 2.3 Panel del dinamómetro.....	45
Fig. 2.4 Banco de pruebas .....	46
Fig. 2.5 Palanca de calibración 250 Nm.....	48
Fig. 2.6 Analizador de gases MAHA MGT 5.....	48
Fig. 2.7 Lámpara Estroboscópica.....	49
Fig. 2.8 Prueba de Torque y Potencia.....	51
Fig. 2.9 Análisis de gases de escape .....	52
Fig. 2.10 Prueba de consumo específico.....	53
Fig. 2.11 grafico de curvas .....	54

Fig. 2.12. Datos del análisis de gases.....	55
---	----

### CAPÍTULO 3

#### INSTRUMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

Fig. 3.1 Tubo venturi. ....	59
Fig. 3.2 Coeficiente de descarga para un tubo venturi fundido y rugoso.....	61
Fig. 3.3 Ejemplo de tubo venturi.....	61
Fig. 3.4 Boquilla de flujo. ....	62
Fig.3.5 Ejemplo de boquilla de flujo.....	63
Fig. 3.6 Esquema de la instalación del orificio.....	63
Fig. 3.7 Ejemplo de placa orificio.....	64
Fig. 3.8 Rotámetro.....	65
Fig. 3.9 Medidor de flujo de turbina. ....	65
Fig. 3.10 Ejemplo de flujómetros de turbina .....	66
Fig. 3.11 Medidor de flujo de vórtice .....	66
Fig. 3.12 Medidor de flujo magnético .....	68
Fig. 3.13 Medidor ultrasónico de flujo.....	68
Fig.3.14 Funcionamiento del medidor de desplazamiento positivo .....	70
Fig. 3.15 Ejemplo de flujómetros de desplazamiento positivo .....	71
Fig. 3.16 Representación esquemática de la medición del flujo másico por medio de sensores múltiples.....	72
Fig. 3.17 Tubo de flujo másico de coriolis .....	73
Fig. 3.18 Ejemplo de flujómetro de coriolis.....	74
Fig. 3.19 Flujómetro 97478054.....	76
Fig. 3.20 Flujómetro 97478122.....	77
Fig. 3.21 Display totalizador .....	78
Fig. 3.22 Configuración de terminales del display .....	79

Fig. 3.23 Display en Rate .....	79
Fig. 3.24 Display mostrando las unidades.....	79
Fig. 3.25 Display mostrando la precisión.....	80
Fig. 3.26 Display con menú Sensor de Pulsos Constante.....	80
Fig. 3.27 Display mostrando Factor de escala en CH A y B.....	81
Fig. 3.28 Display mostrando tiempo de visualización.....	81
Fig. 3.29 Frecuencia de conteo en baja. ....	81
Fig. 3.30 Display en el canal B.....	82
Fig. 3.31 Menú de punto decimal. ....	82
Fig. 3.32 Opción de reseteo. ....	82
Fig. 3.32 Display diferencial. ....	82
Fig. 3.33 Display en menú de programación.....	83
Fig. 3.34 Modos de conteo.....	84
Fig. 3.35 Frecuencia de conteo.....	84
Fig. 3.36 Factor de escala.....	84
Fig. 3.37 Punto Decimal.....	85
Fig. 3.38 Menú reset. ....	85
Fig. 3.39 Flujómetros y elementos adicionales.....	85
Fig. 3.40 Ubicación de los flujómetros.....	86
Fig. 3.41 Instalación de cañerías adicionales.....	86
Fig. 3.42 Corte de cañerías.....	87
Fig. 3.43 Acoples rápidos en mangueras.....	87
Fig. 3.44 Instalación de los flujómetros.....	88
Fig. 3.45 Ubicación de flujómetros en el motor de inyección.....	88
Fig. 3.46 Flujómetros instalados en el motor de inyección.....	89
Fig. 3.47 Diagrama de interconexión de los instrumentos.....	89

Fig. 3.48 Conector instalado el cable. ....	90
Fig.3 .49 Fuente Siemens de 24 VDC.....	90
Fig. 3.50 Culminación de las cajas de madera.....	91
Fig. 3.51 Displays empotrados.....	91
Fig. 3.52 Ajustes y pruebas de las cajas.....	92
Fig. 3.53 Elaboración de los soportes. ....	92
Fig. 3.54 Soportes y cajas.....	93
Fig. 3.55 Switches instalados.....	93
Fig. 3.56 Displays totalizadores instalados.....	94
Fig. 3.57 Display restador instalado. ....	94
Fig. 3.58 Tanque de combustible del motor lada.....	95
Fig. 3.59 Tanque de de combustible del motor Mitsubishi. ....	95
Fig. 3.60 Soporte del tanque de combustible Mitsubishi. ....	96
Fig. 3.61 Soporte del tanque de combustible Lada. ....	96

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS**

Fig. 4.1 Flujómetro Flux Máster.....	97
Fig. 4.2 Realización de pruebas paralelas.....	98
Fig. 4.3 Curvas características del motor Mitsubishi .....	114
Fig. 4.4 Curvas características del motor Lada .....	115

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO 2

#### MEDICIONES EN EL BANCO DE PRUEBAS

Tabla 2.1 Cargas máximas admisibles durante corto tiempo .....	46
--	----

### CAPÍTULO 3

#### INSTRUMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

Tabla 3.1 Criterios de selección. ....	75
--	----

### CAPÍTULO 4

#### PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Tabla 4.1 Pruebas de retorno en el motor de inyección sin carga.....	100
Tabla 4.2 Promedio de pruebas en el motor de inyección sin carga .....	101
Tabla 4.3 Flujos obtenidos vs. calculados (l/m) motor de inyección sin carga ..	101
Tabla 4. 4 factor de corrección motor de inyección sin carga.....	102
Tabla 4.5 Pruebas de retorno de combustible motor de carburación sin carga..	104
Tabla 4.6 Promedio de pruebas en motor de carburador sin carga .....	104
Tabla 4.7 Flujos obtenidos vs. Calculados (l/m) motor de carburación sin carga.....	105
Tabla 4. 8 Factor de corrección motor de carburación sin carga.....	106
Tabla 4.9 Pruebas de retorno de combustible motor de carburación con carga .	108
Tabla 4.10 Flujos obtenidos vs. Calculados (l/m) motor de carburación con carga .....	105
Tabla 4.11 Promedio de pruebas en motor de carburador con carga .....	109
Tabla 4. 12 Factor de corrección motor de carburación con carga .....	109
Tabla 4.13 Pruebas de retorno de combustible motor de inyección con carga	111
Tabla 4. 14 Promedio de pruebas en el motor de inyección con carga.....	112

Tabla 4. 15 Flujos obtenidos vs. Calculados (l/m) motor de inyección con carga	112
Tabla 4. 16 Factor de corrección motor de inyección con carga .....	113
Tabla 4. 17 Datos para curvas características del motor a carburador .....	113
Tabla 4. 18 Datos para curvas características del motor a inyección.....	114

## **RESUMEN**

Este trabajo presenta una solución al Centro De Transferencia Tecnológica Para La Capacitación E Investigación En Control De Emisiones Vehiculares, con la medición de consumo específico de combustible, para lo cual se adquirieron flujómetros que fueron instalados en los motores del banco de pruebas.

En el primer capítulo se detalla el funcionamiento del motor de ciclo Otto tanto de carburación como de inyección electrónica así como las partes y sistemas que lo constituyen.

El capítulo segundo indica como el CCICEV realiza las pruebas de consumo específico de combustible, de torque, potencia y análisis de gases, se menciona además los equipos que utilizan para realizarlas.

Los tipos de medidores de caudal que existen, principio de funcionamiento y los instrumentos adquiridos para medir el consumo de combustible se describen en el capítulo tercero.

El cuarto capítulo muestra las pruebas realizadas con la instrumentación en cada uno de los motores y el análisis de los resultados obtenidos.

Finalmente el capítulo cinco puntualiza las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado.

## PRESENTACIÓN

El Centro de Transferencia Tecnológica Para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV), desde su consolidación como Centro de Transferencia y Desarrollo de Tecnologías, ha venido realizando trabajos de investigación y solución de problemas ambientales, generados por emisiones contaminantes que provienen del sector automotriz.

Con ayuda de un banco de pruebas de motores, uno de carburación y otro de inyección electrónica, realiza pruebas de emisiones de gases y rendimiento de motores con diversos tipos de combustible obteniendo los datos visuales de parámetros como la potencia, el par o torque en función de las rpm.

Sin embargo no cuenta con instrumentos que determinen el consumo específico del combustible con lo cual la obtención de los datos se dificulta requiriendo de mayor tiempo al realizar las pruebas; no obstante las mediciones son poco precisas por lo que el análisis del comportamiento de combustibles resulta ser menos eficaz.

El objetivo de este trabajo es optimizar el método que actualmente utiliza el CCICEV en la realización de los ensayos de consumo de combustible en el banco de pruebas mediante su instrumentación, de tal manera que se pueda identificar ventajas y desventajas en la utilización de combustibles que sean menos contaminantes sin que esto represente una disminución en el rendimiento del motor.

Una posible solución es la instalación de flujómetros en las líneas de ida y retorno del tanque de combustible.

Al instrumentar mediante flujómetros se requiere investigar el funcionamiento de los tipos de medidores de caudal que existen para saber cual o cuales se podrían aplicar en la solución del problema planteado.

# CAPÍTULO 1

## MOTOR CICLO OTTO

### 1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

“Desde el primer motor de cuatro tiempos, presentado por Nikolas Otto en 1878, durante la Exposición Universal de París, hasta los modernos motores que incorporan los vehículos actuales, se han producido multitud de cambios y mejoras en sus materiales, diseño y construcción. No obstante, el principio de funcionamiento continúa invariable desde los primeros tiempos: aspirar aire, comprimirlo, provocar una combustión y aprovechar la fuerza de los gases resultantes al expandirse.”<sup>1</sup>

#### 1.1.1 CICLO OTTO

El ciclo de trabajo de un motor Otto de cuatro tiempos, se puede representar gráficamente, tal como aparece en la ilustración (fig. 1.1).



Fig. 1.1 Ciclo Otto.  
(<http://www.asifunciona.com/mecanica>)

Esta representación gráfica se puede explicar de la siguiente forma:

1. La línea amarilla representa el tiempo de *admisión*. El pistón absorbe la mezcla

<sup>1</sup> Manual Ford del Automovil.

de gasolina y aire que entra por la válvula de admisión. El volumen del cilindro conteniendo la mezcla aire-combustible aumenta, no así la presión.

**2.** La línea azul representa el tiempo de *compresión*. La válvula de admisión que ha permanecido abierta durante el tiempo anterior se cierra y la mezcla aire-combustible se comienza a comprimir. Como se puede ver en este tiempo, el volumen del cilindro se va reduciendo a medida que el pistón se desplaza. Cuando alcanza el PMS (Punto Muerto Superior) la presión dentro del cilindro ha subido al máximo.

**3.** La línea naranja representa el tiempo de *explosión*, momento en que el pistón se encuentra en el PMS. Como se puede apreciar, al inicio de la explosión del combustible la presión es máxima y el volumen del cilindro mínimo, pero una vez que el pistón se desplaza hacia el PMI (Punto Muerto Inferior) transmitiendo toda su fuerza al cigüeñal, la presión disminuye mientras el volumen del cilindro aumenta.

**4.** Por último la línea gris clara representa el tiempo de *escape*. Como se puede apreciar, durante este tiempo el volumen del cilindro disminuye a medida que el pistón arrastra hacia el exterior los gases de escape sin aumento de presión, es decir, a presión normal, hasta alcanzar el PMS.

El sombreado de líneas amarillas dentro del gráfico representa el "trabajo útil" desarrollado por el motor.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> [http://www.asifunciona.com/mecanica/af\\_motor\\_gasolina/af\\_motor\\_gasolina\\_7.htm](http://www.asifunciona.com/mecanica/af_motor_gasolina/af_motor_gasolina_7.htm),

### 1.1.2 EL MOTOR DE CICLO OTTO.

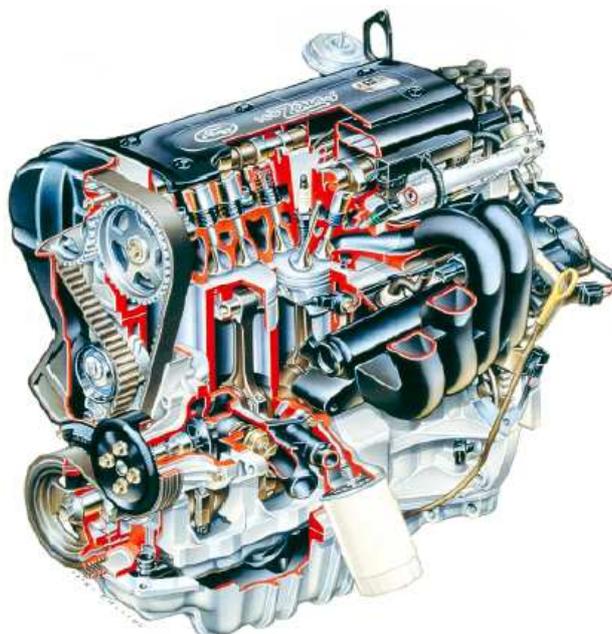


Fig. 1.2 Motor de ciclo Otto.  
(Manual Ford del Automovil)

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos (Fig. 1.3), es decir, que el ciclo completo del pistón tiene cuatro fases, dos hacia el cabezal cerrado del cilindro y dos hacia atrás. Durante la primera fase del ciclo el pistón se mueve hacia atrás mientras se abre la válvula de admisión. El movimiento del pistón durante esta fase aspira hacia dentro de la cámara la cantidad necesaria de la mezcla de combustible y aire. Durante la siguiente fase el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro y comprime la mezcla de combustible contenida en la cámara.

Cuando el pistón llega hasta el final de esta fase y el volumen de la cámara de combustión es mínimo, la bujía se activa y la mezcla arde, expandiéndose y creando dentro del cilindro la presión que hace que el pistón se aleje; ésta es la tercera fase. En la fase final, se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro para expulsar los gases, quedando preparado para empezar un nuevo ciclo.

La relación existente entre el volumen total del cilindro y el de la cámara de combustión (relación de compresión), está comprendida entre 7:1 y 10:1 generalmente, ya que a partir de este valor, hay riesgo de explosión instantánea

de la mezcla de aire y gasolina, debida a la misma compresión, lo cual, es perjudicial para el buen funcionamiento del motor.

La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25% (es decir, que sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica).

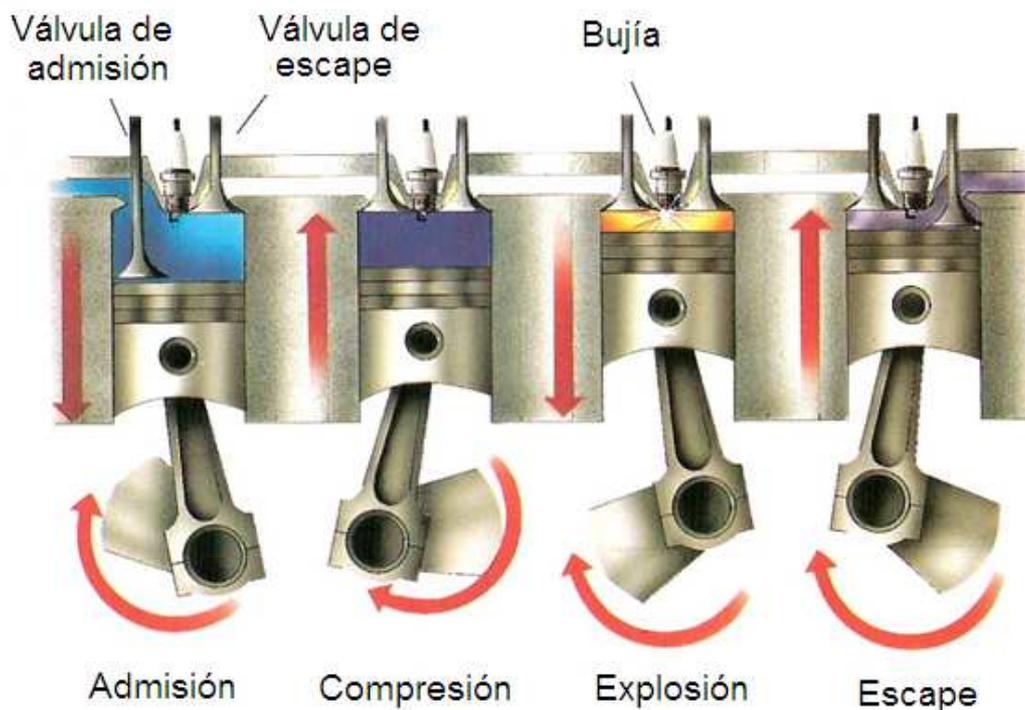


Fig. 1.3 Los cuatro tiempos de un motor gasolina.

([http://www.ciaar.com.br/EM%20FOCO/2006/av-2/av2-alcool\\_html\\_m63dcf6bd.jpg](http://www.ciaar.com.br/EM%20FOCO/2006/av-2/av2-alcool_html_m63dcf6bd.jpg))

### 1.1.3 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MOTOR.

A continuación se explica cómo funciona el motor de gasolina (Fig. 1.4) en breves palabras.

El movimiento lineal y alternativo de los pistones se convierte en giratorio mediante un sistema de biela manivela que transmite el movimiento a un eje (cigüeñal), que está conectado a un disco pesado (volante) cuya inercia arrastra al pistón en todos los tiempos, salvo en el de explosión, en que sucede lo contrario.

En los motores poli cilíndricos, en todo momento hay un cilindro que suministra potencia al hallarse en el tiempo de explosión, lo que genera una mayor estabilidad y permite utilizar un volante más ligero.

El cigüeñal está conectado mediante engranajes u otros sistemas al llamado árbol de levas, que abre y cierra las válvulas de cada cilindro en el momento oportuno, para mantener funcionando el motor de manera continua hasta que se tome alguna medida para detenerlo.

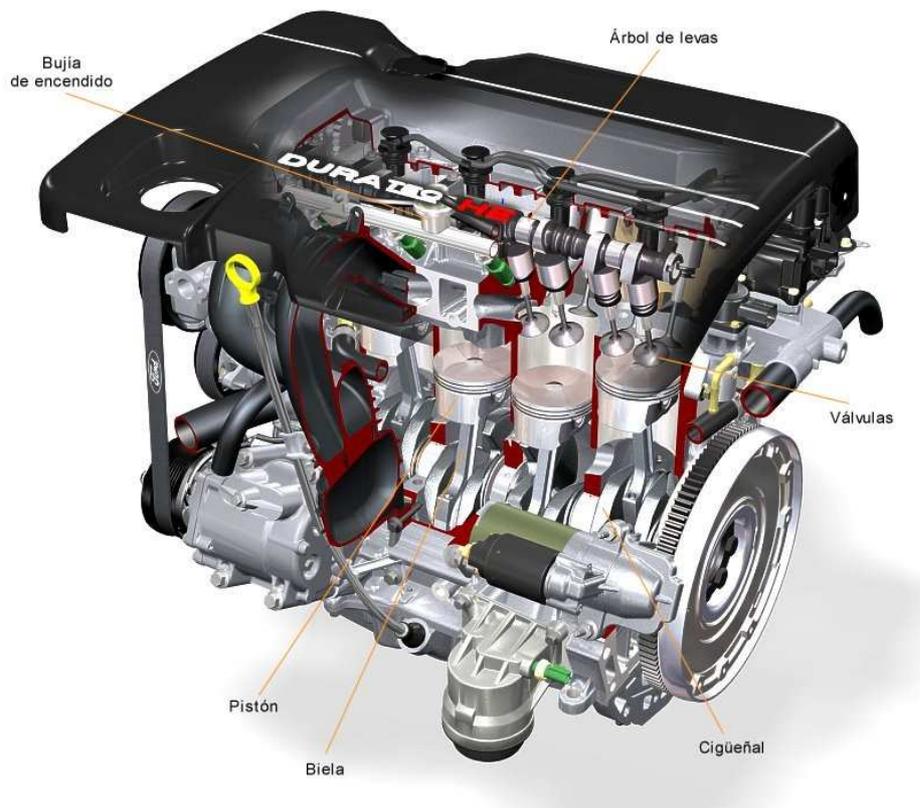


Fig. 1.4 Motor de gasolina.

([http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/mot-gasolina-ciclo\\_2.jpg](http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/mot-gasolina-ciclo_2.jpg))

Para que el motor de combustión interna funcione es indispensable el trabajo de varios elementos y sistemas, a continuación se detallan las partes principales que conforman al motor.

## 1.2 PARTES PRINCIPALES.

En el gráfico (fig. 1.5) se muestran las partes principales del motor.

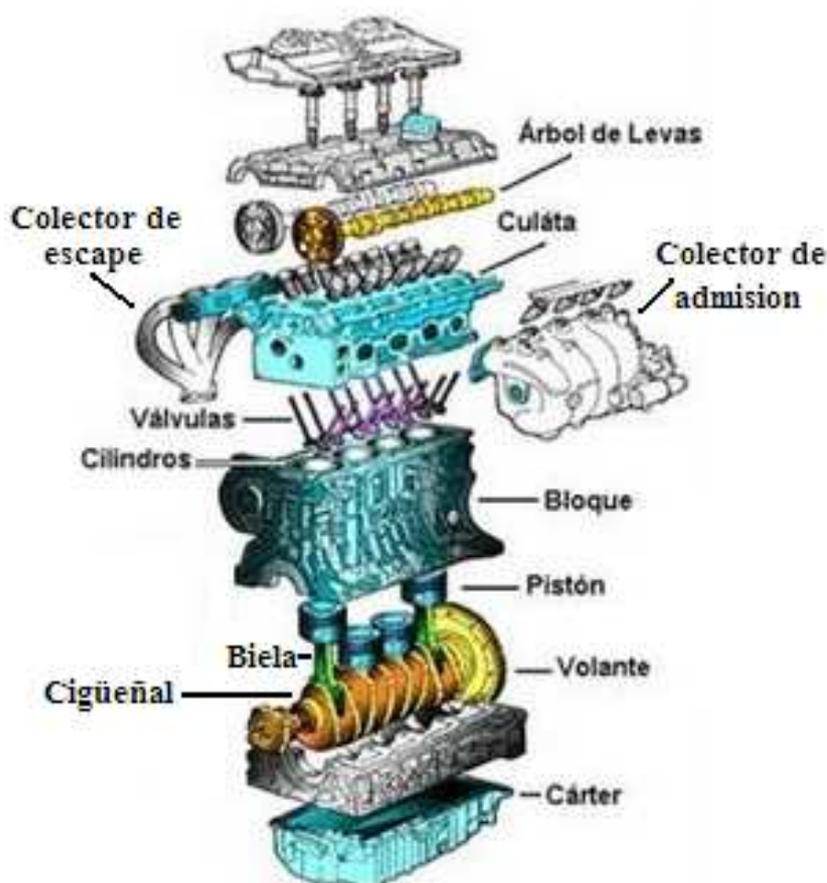


Fig. 1.5 Partes principales del motor.  
([www.maestrojuandeavila.es/tecnologia/temas/mec/partes\\_motor.jpg](http://www.maestrojuandeavila.es/tecnologia/temas/mec/partes_motor.jpg))

### 1.2.1 CULATA

Es la tapa de los cilindros y se fija al bloque por medio de pernos o espárragos, es casi siempre desmontable. La culata puede estar hecha de aluminio o aleaciones ligeras, en su interior posee aberturas que se comunican con las camisas de agua en el bloque de cilindros.

“En la culata se instalan las válvulas de admisión y de escape (Fig. 1.6), los elementos de carburación o de inyección.” Entre la culata y el bloque se encuentra el empaque de la culata que hace impermeable la unión. En la parte pulida de la culata se encuentra una serie de depresiones poco profundas que forman junto con las coronas de los pistones las cámaras de combustión.

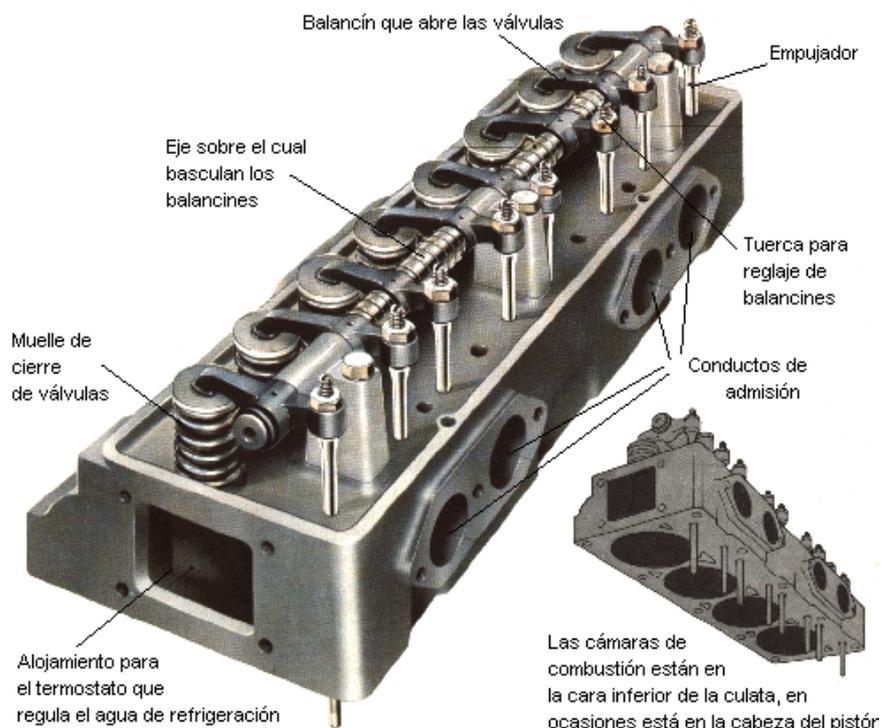


Fig. 1.6 Culata de un motor.

(<http://www.uamerica.edu.co/motores/images/culata12.gif>)

Posee varias perforaciones; los cuales son para los cilindros, espárragos, varillas, camisas de agua y aceite.

El empaque de la culata se hace de muchos materiales diferentes incluyendo asbesto, latón, acero y caucho, está diseñado para contrarrestar cualquier aspereza o irregularidad diminuta de las superficies y al mismo tiempo sella y contiene la fuerza de los gases comprimidos.

Un empaque de la culata defectuoso da lugar a fugas de gases y agua del sistema de enfriamiento, ocasionando deterioro rápido del motor.

### 1.2.2 ÁRBOL DE LEVAS

Alojado en el bloque de cilindros que abre o cierra las válvulas en el momento preciso por medio de sus levas.



Fig. 1.7 Componentes de un árbol de levas típico.

([http://usuarios.multimania.es/ladaniva/.../Distribucion\\_01.jpg](http://usuarios.multimania.es/ladaniva/.../Distribucion_01.jpg))

Lleva mecanizados unos salientes excéntricos como puede observarse en la figura 1.7 llamados levas que son los que se encargan de regular todo el ciclo y efectuar el empuje necesario. Cada una de las levas es la encargada de abrir una válvula y se encuentran desfasadas entre sí siguiendo un determinado ciclo o diagrama.

Dispone también de tres o más puntos de apoyo (en función de su longitud) que sirven para la sujeción y giro del mismo árbol de levas para evitar flexiones y vibraciones, así como un plato de anclaje en uno de sus extremos para apoyar el piñón conducido que es el encargado de proporcionarle el giro. Algunos árboles de leva llevan incorporado un engranaje tallado en el mismo árbol que sirve para proporcionar el giro a la bomba de aceite y al distribuidor de encendido.

También puede incorporar una excéntrica que tiene como misión proporcionar el movimiento a una bomba mecánica del sistema de alimentación.

El material utilizado para su fabricación es la aleación de hierro fundido y se fabrican de una sola pieza por el proceso de fundición en molde. Una vez mecanizados, se les somete a un tratamiento de temple para que las levas sean endurecidas superficialmente y así soportar los altos esfuerzos a que se les somete.

### 1.2.3 BLOQUE DE CILINDROS

Es la caja principal del motor y sirve de soporte a sus principales componentes, los cilindros. El cilindro es una pieza que tiene la misión de alojar en su interior el pistón, y cumple una doble misión de cámara de expansión de gases y de guía para los desplazamientos del pistón.

Los cilindros que componen un motor se construyen fundidos en una sola pieza, que recibe el nombre de bloque de cilindros y que puede considerarse como la pieza básica del motor del automóvil (Fig. 1.8).

El bloque de cilindros queda cerrado en su parte superior por la culata, con la que forma la pared fija de la cámara de combustión y, por la parte inferior lleva incorporado el asiento del cigüeñal y, apoyado en él, el árbol de levas, aunque este también puede montarse en la culata.

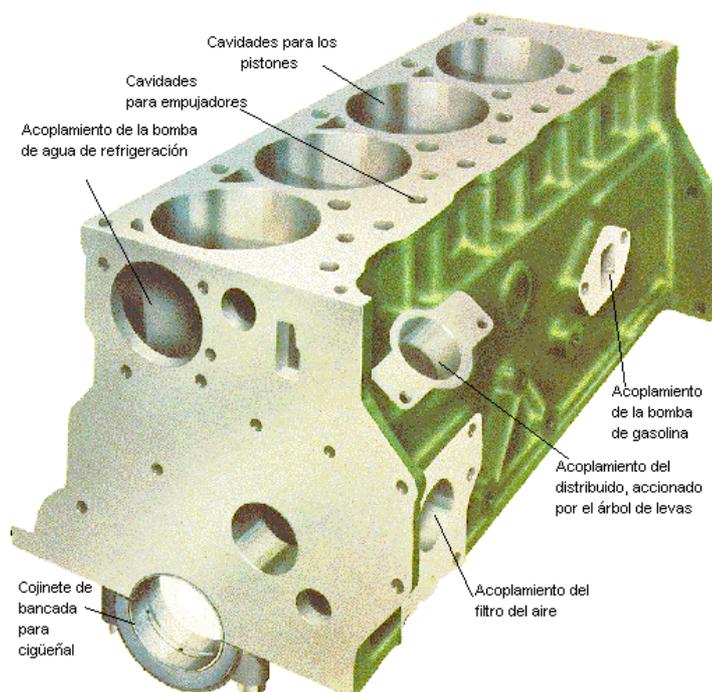


Fig. 1.8 Bloque de cilindros.  
(<http://dieselsarsena.blogspot.com>)

Los bloques de cilindro más usuales son las de cilindros en línea, uno a continuación de otro, existen los tipos en V así como también los tipos Flat, como

indica la figura 1.9. También está la disposición de cilindros opuestos a 180°, que monta Alfa Romeo, conocido como motor Bóxer.

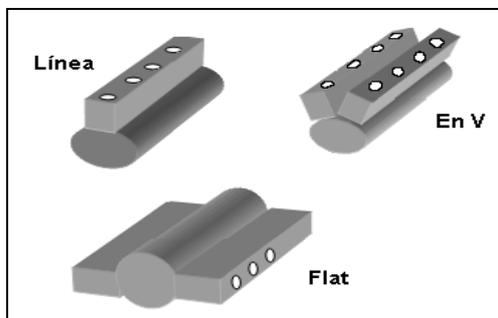


Fig. 1.9 Tipos de bloques de cilindros.  
(Portilla A."Manual para Motores 2005")

## 1.2.4 VÁLVULAS

La principal misión de las válvulas es regular la cantidad de aire en movimiento dentro del motor, el instante en que debe moverse y su trayectoria por medio del cierre y la apertura necesarios para su función en cada momento preciso.

Las válvulas son las piezas destinadas a abrir o cerrar los conductos de admisión o de escape en la culata del motor. En la figura 1.10 se distinguen los tipos de válvulas y sus partes las principales.

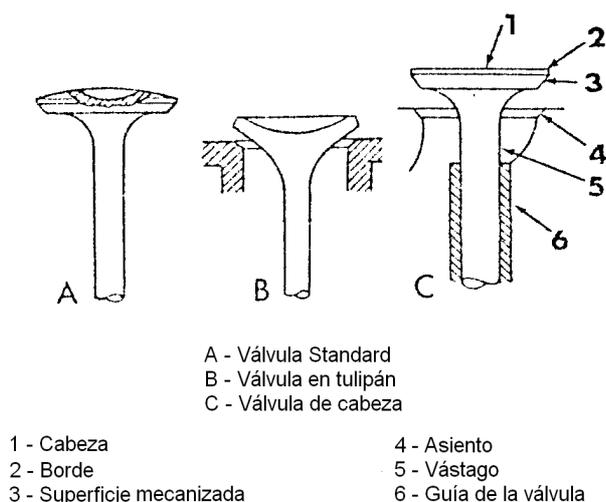


Fig. 1.10 Tipos de Válvulas.  
(Portilla A."Manual para Motores 2005")

La cara es el asiento de las válvulas en el orificio que produce el cierre hermético del conducto. El vástago, de pequeño diámetro, debe ser suficientemente largo para atravesar la culata y contener los muelles de válvula que lo retornen a la posición de abertura cuando cese la presión de la leva correspondiente.

Cada cilindro tiene dos tipos de válvulas, la de admisión y la escape (Fig. 1.11).

- Durante la carrera de admisión, permanece abierta la válvula de admisión.
- Durante la carrera de escape, permanece abierta la válvula de escape.
- Ambas válvulas permanecen cerradas para retener la compresión, durante las otras dos carreras, la de compresión y explosión.

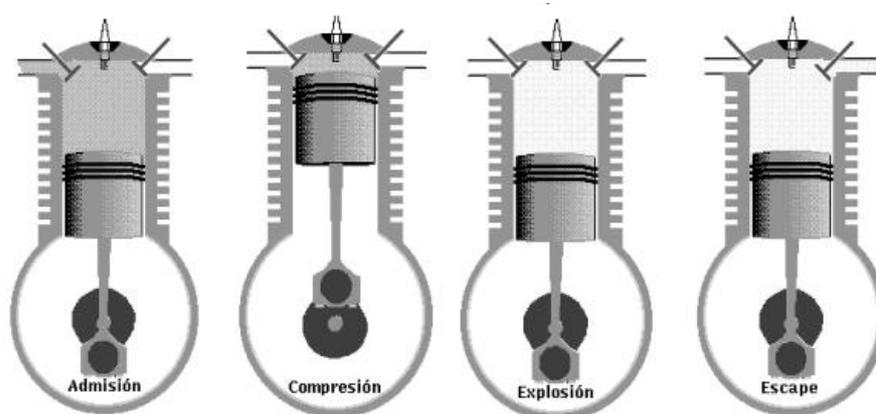


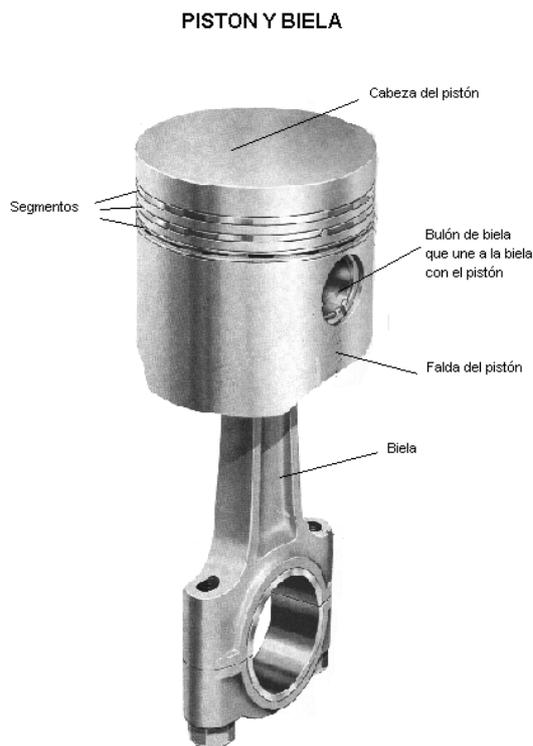
Fig. 1.11 Válvulas en los cilindros.

(Portilla A."Manual para Motores 2005")

### 1.2.5 PISTÓN

El pistón, generalmente hecho de una aleación de aluminio, es de forma cilíndrica, cerrado por su extremo superior. Su construcción varía según las marcas y los modelos de los motores, adicionalmente tienen que estar hechos a precisión y fabricados a tolerancias muy estrictas.

El pistón entra en el cilindro con el extremo cerrado apuntando hacia la cámara de combustión. Sobre el extremo cerrado es donde actúa la fuerza de expansión de la combustión de la mezcla aire-combustible, para empujar el pistón hacia abajo, dentro del cilindro en el tiempo de expansión.



**Fig. 1.12 Pistón y Biela.**  
(<http://automecanico.com/auto2002/cigue4.jpg>)

El extremo inferior del pistón está abierto para que la biela pueda entrar y conectarse al pasador del pistón. La construcción hueca del pistón permite además que la biela oscile cuando su extremo inferior sigue el círculo descrito por el muñón o codo de la biela y adicionalmente disminuye el peso del pistón.

Como se muestra en la figura 1.12, en la parte superior del pistón, donde está cerrado es la corona. La porción ranurada inmediata a la corona es la zona de los anillos. La corona junto con la zona de los anillos forma la cabeza del pistón. La sección que sigue debajo de la cabeza se llama falda. La parte del pistón que tiene el agujero para el pasador se llama Soporte del pasador. Los rebordes entre las ranuras de los anillos se llaman Espacios Inter.-anulares.

La parte superior de algunos pistones está formada para crear mayor turbulencia de la mezcla aire-combustible y mejorar la combustión.

### **1.2.6 BIELA**

La biela es una pieza de acero forjado que conecta el pistón al cigüeñal. Sirve además para transmitir al cigüeñal la fuerza recibida del pistón. Por ello su

construcción debe ser fuerte a fin de resistir la gran tensión y esfuerzo a que es sometida normalmente (Fig. 1.13).



Fig. 1.13 Biela.  
([http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/biela-27593.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/biela-27593.jpg))

## 1.2.7 CIGÜEÑAL

El cigüeñal o árbol del motor es una pieza fundida con una aleación de acero de considerable resistencia mecánica, actualmente algunos cigüeñales modernos son huecos, así pueden ser gruesos y robustos, pero de poco peso.

Colocado en el cárter debajo de los cilindros, el cigüeñal está sostenido por casquetes o cojinetes de acero revestido de metal anti-fricción y dividido en dos secciones.

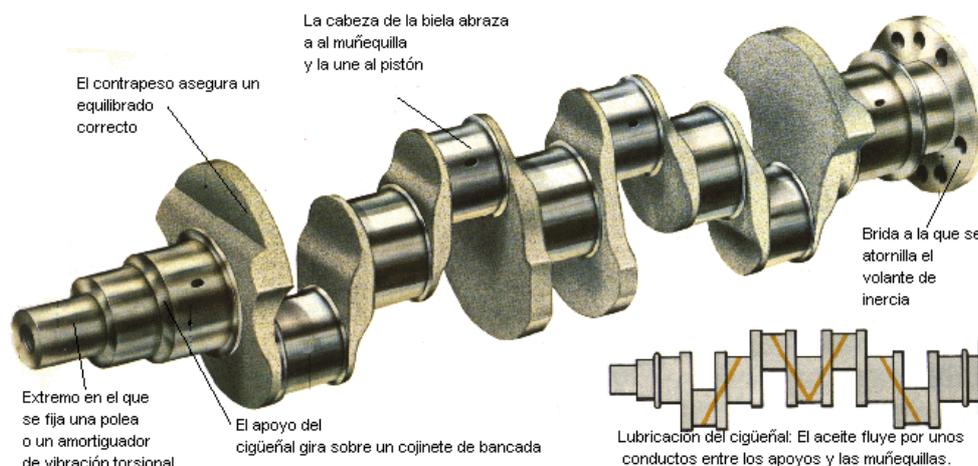


Fig. 1.14 EL Cigüeñal.  
(<http://tienda.metallube.es>)

El cigüeñal debe poseer la fortaleza necesaria para resistir sin deformarse el empuje que ejercen los pistones durante el tiempo de expansión.

Adicionalmente el cigüeñal debe estar equilibrado dinámico y estáticamente, para eliminar las vibraciones producidas por el peso de sus codos, donde se acoplan los conjuntos de bielas y pistones.

Para lograr un correcto equilibrio dinámico, los cigüeñales están provistos de unas masas metálicas llamadas contrapesos equilibran el peso de la biela y se encuentran en los lados opuestos del cigüeñal en relación con las bielas (Fig. 1.4).

Por equilibrio estático se entiende que el peso total del cigüeñal queda distribuido uniformemente alrededor del eje.

### 1.2.8 VOLANTE

El tiempo de expansión es el único de los cuatro tiempos del ciclo en que el pistón aplica fuerza al cigüeñal el que hace mover el pistón hacia arriba y hacia abajo en el cilindro.

Para que el cigüeñal siga girando en los otros tres tiempos del ciclo se consigue por medio de un volante, que es una pesada rueda fijada en uno de los extremos del cigüeñal (Fig. 1.15). Si se trata de rodar una rueda pesada en el suelo cuesta trabajo hacerla empezar, pero una vez empiece a rodar también cuesta trabajo detenerla, la fuerza resistiva que ofrece la rueda a ser impulsada cuando está en reposo o a ser detenida cuando está en movimiento se denomina INERCIA.

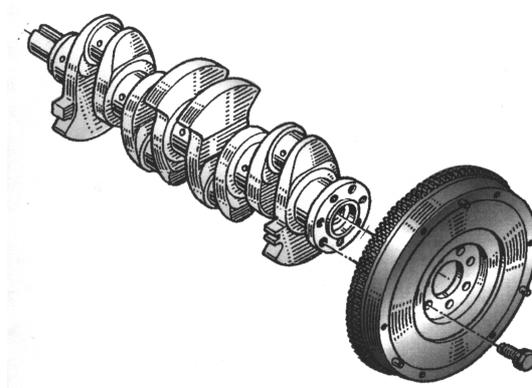


Fig. 1.15 Esquema del volante de inercia y su ubicación.

(Portilla A."Manual para Motores 2005")

Cuando el cigüeñal y el volante son puestos en movimiento por la fuerza del pistón aplicada mediante la biela durante el tiempo de expansión, la inercia del volante hace que el cigüeñal continúe girando mientras se producen los tiempos de escape, admisión, y compresión siguiente.

Entonces al producirse otro tiempo de explosión, el cigüeñal y el volante reciben un nuevo impulso. El volante sirve de plato de soporte del embrague que vale para transmitir o no a voluntad del conductor el movimiento del motor al resto del automóvil.

### **1.3 SISTEMAS DEL MOTOR CICLO OTTO**

El motor ciclo Otto consta de los siguientes sistemas, los cuales posteriormente se detallarán en el siguiente orden

- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO O REFRIGERACIÓN
- SISTEMA DE LUBRICACIÓN
- SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
- SISTEMA DE ENCENDIDO

#### **1.3.1 EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

El sistema de distribución está formado por un grupo de piezas y elementos auxiliares del motor que actúan perfectamente coordinadas para permitir realizar el ciclo completo del motor. En definitiva, se trata de abrir y cerrar las válvulas en el momento adecuado y siguiendo un diagrama que variará según el tipo de motor.

En un motor de cuatro tiempos las válvulas de admisión y escape no se abren y cierran justo en el momento en que el pistón se encuentra en el Punto Muerto Superior (PMS) o en el Punto Muerto Inferior (PMI) tal como se explica en el funcionamiento teórico de un motor. En realidad la válvula de admisión empieza a abrir antes de que el pistón alcance el PMS. Esto permite beneficiarse de la

inercia de los gases aspirados y conseguir llenar más el cilindro así como limpiar los gases quemados. Esto es lo que se denomina Avance a la Apertura de la Admisión (AAA).

Cuando el pistón llega al PMI. En su carrera descendente, la inercia de los gases que están entrando en el cilindro sigue introduciéndoles aun cuando el pistón ya inicia su ascenso en la carrera de compresión. Por ello, si la válvula de admisión se cerrara exactamente en el PMI., el cilindro no se llenaría tanto. Conviene pues, cerrar la válvula de admisión en plena carrera ascendente de compresión; es lo que se conoce por Retardo al Cierre de Admisión (RCA).

La válvula de escape tampoco se abre en el PMI. Exactamente, sino bastante antes; pues como tampoco puede abrirse de una forma instantánea, si al iniciar el pistón su carrera ascendente de escape no tuviera parcialmente abierta la válvula de escape, se originarían fenómenos de choque por los gases procedentes de la combustión. Este adelanto se llama Avance a la Apertura del Escape (AAE).

Cuando el pistón alcanza nuevamente el PMS. Después de su carrera ascendente de escape, los gases continúan saliendo del cilindro, por lo que conviene cerrar la válvula de escape un poco después de que el pistón haya vencido el PMS., de esta manera, se facilita la total evacuación de los gases quemados, con lo que el cilindro queda más limpio y por tanto tiene una mejor calidad la mezcla. Esto es lo que se llama Retardo al Cierre del Escape (RCE).

Al instante en que las válvulas de admisión y escape permanecen abiertas se denomina cruce de válvulas.

Estos avances y retardos expuestos anteriormente se miden en grados y vienen especificados en los manuales de cada motor. Se representan mediante un diagrama donde se completan los giros pertenecientes a todo el ciclo (Fig. 1.16).

## DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN

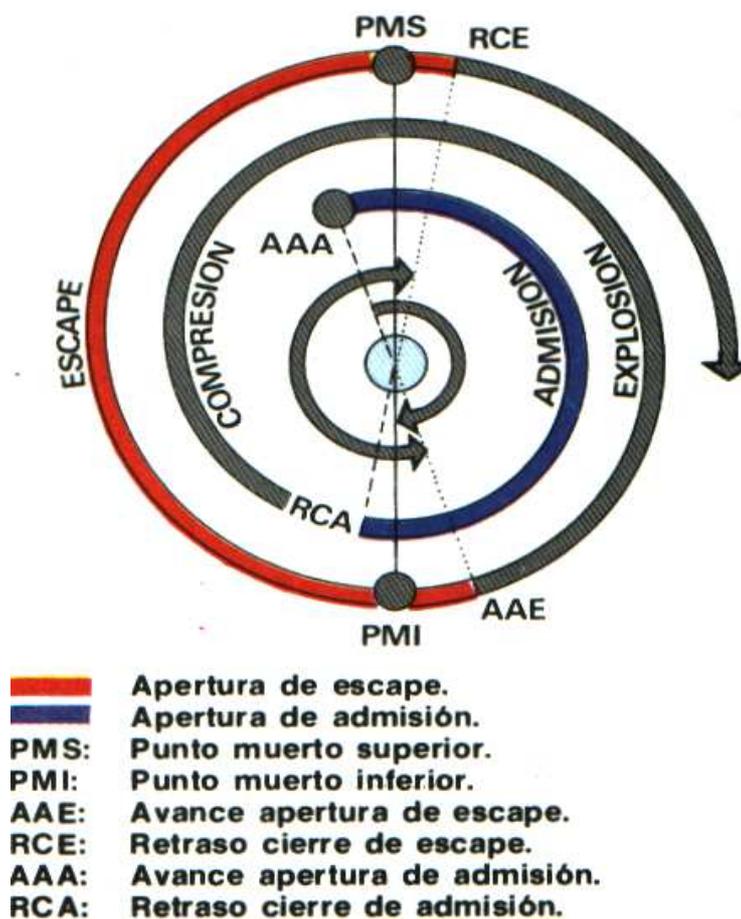


Fig. 1.16 Esquema explicativo del diagrama de distribución.

(Portilla A."Manual para Motores 2005")

### 1.3.1.1 Componentes

Los componentes (Fig. 1.17) que forman parte del conjunto del sistema son:

- Válvulas, asientos guías y elementos de fijación.
- Árbol de levas y elementos de mando.
- Empujadores y balancines.

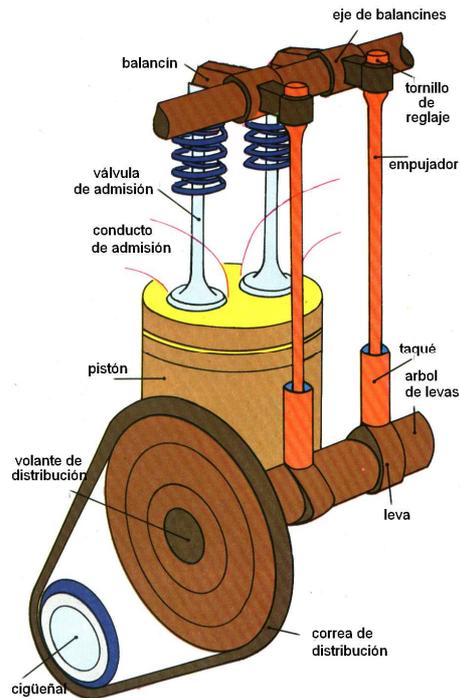


Fig. 1.17 Esquema de los elementos del sistema de distribución  
(Portilla A."Manual para Motores 2005")

### 1.3.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO O REFRIGERACIÓN.

Menos de una cuarta parte de la energía calorífica consumida en el motor es transformada en fuerza útil. El resto del calor debe dispersarse de modo que el motor no se caliente excesivamente ya que esto impide el buen funcionamiento del mismo e incluso pudiendo llegar a dañarse seriamente el motor.

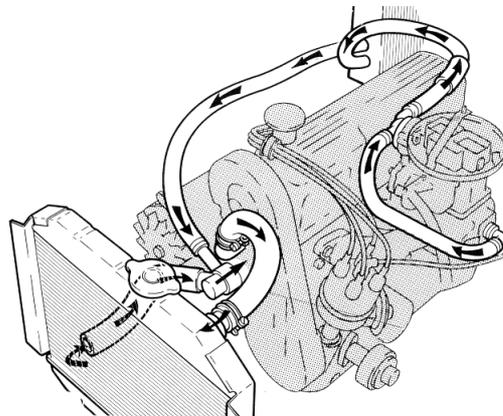


Fig. 1.18 Sistema de refrigeración.  
(Portilla A."Manual para Motores 2005")

Existen dos tipos de refrigeración principalmente:

- Refrigeración directa
- Refrigeración indirecta

Las partes fundamentales de un sistema de refrigeración usual (indirecta) son las siguientes:

- Envoltura: que rodea las partes calientes del motor: cilindros, cámaras de combustión y conductos de escape.
- Radiador: por el que se refrigera por aire el agua que llega caliente del motor.
- Ventilador: que impulsa aire hacia el radiador
- Tubería: en la parte superior e inferior del radiador, que unen éste al motor para formar un circuito cerrado.
- Bomba: que fuerza la circulación del agua a través del sistema de refrigeración.
- Termostato: colocado en la salida del agua del motor, que reduce la circulación del agua de refrigeración hasta que el motor adquiere la temperatura normal de funcionamiento. La misión del termostato es cerrar el paso del agua hacia el radiador. (Fig. 1.19).

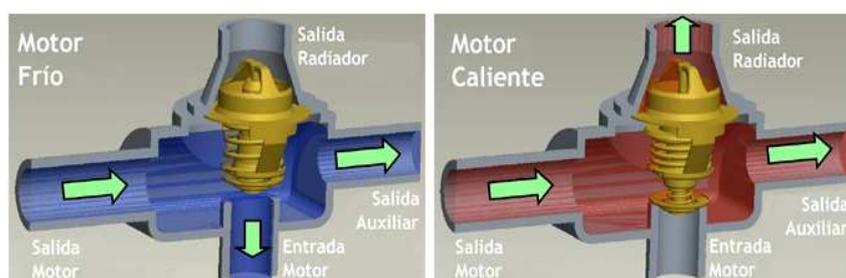


Fig. 1.19 El termostato en el sistema de refrigeración.

([http://www.ms-motor-service.de/ximages/1384911\\_termostato.jpg](http://www.ms-motor-service.de/ximages/1384911_termostato.jpg))

- Tapón con válvula de sobrepresión: para elevar el punto de ebullición del agua, y evita la formación de bolsas de vapor próximas a las cámaras de combustión que podrían producir el gripado del motor. Generalmente mantiene la presión a 0.5Kg/cm<sup>2</sup> y el agua no hervirá hasta 112°C.

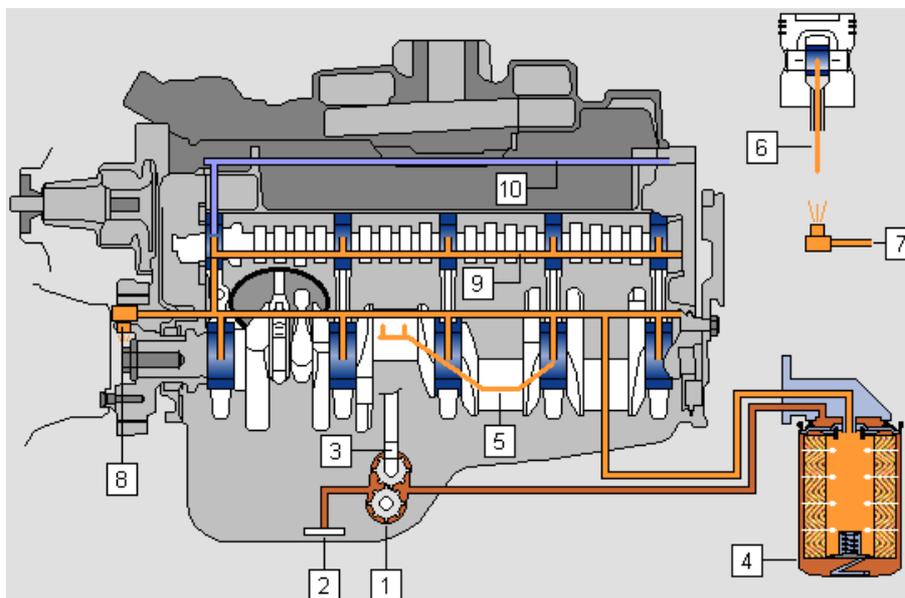
### 1.3.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

Este sistema es el que mantiene lubricadas todas las partes móviles de un motor, a la vez que sirve como medio refrigerante.

Tiene importancia porque mantiene en movimiento mecanismos con elementos que friccionan entre sí, que de otro modo se engranarían, agravándose este fenómeno con la alta temperatura reinante en el interior del motor.

La función es la de permitir la creación de una cuña de aceite lubricante en las partes móviles, evitando el contacto metal con metal, además produce la refrigeración de las partes con alta temperatura al intercambiar calor con el medio ambiente cuando circula por zonas de temperatura más baja o pasa a través de un radiador de aceite.

Consta básicamente de una bomba de circulación, un regulador de presión, un filtro de aceite, un radiador de aceite y conductos internos y externos por donde circula (Fig. 1.20).



- |  |  |
|--|--|
| 1. Bomba de aceite                                     | 7. Surtidores de aceite: fondo cabeza émbolo     |
| 2. Filtro de Bomba                                     | 8. Surtidores de aceite: Engranajes Distribución |
| 3. Varilla de empuje - Eje Bomba                       | 9. Pasos de aceite árbol de levas y cojinetes    |
| 4. Filtro de aceite                                    | 10. Pasos de aceite (balancines...)              |
| 5. Orificios de engrase en cigüeñal                    |  |
| 6. Orificios de engrase en biela (bujes biela - bulón) |  |

Fig. 1.20 Sistema de lubricación  
(<http://www.reycomotor.com/Reyco/Imagenes/Dana/Pol1.gif>)

### 1.3.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

El motor para su funcionamiento necesita que se le suministre de una forma continua la mezcla combustible de aire y gasolina, teóricamente para que 1 Kg. de gasolina se quemase totalmente son necesarios 15,2 kg. De aire, a esta relación 15,2: 1 se le llama relación estequiométrica sin embargo en algunas ocasiones se requiere que las mezclas aire combustible sean ricas y en otros casos es deseable que sean pobres, la misión del dosificador bien sea el carburador o el equipo de inyección, es preparar la mezcla en las proporciones adecuadas a las necesidades del motor.

#### 1.3.4.1 Sistema de alimentación por carburador

El circuito de alimentación (Fig. 1.21), está compuesto por el depósito 5, donde se almacena el combustible (normalmente está situado en la parte trasera del vehículo); el combustible es aspirado por la bomba 8 a través del tubo 10 y filtro de gasolina 6, e impulsado a presión hasta el carburador por el tubo 9. Esta bomba, normalmente de tipo mecánica, es movida, generalmente, por el árbol de levas 7 y va adosada al bloque o a la culata, dependiendo de la situación del árbol. El carburador 2 es el encargado de establecer la dosificación aire-gasolina requerida por el motor y va montado sobre el colector de admisión 4. Recibe el aire por el filtro 1 y gradúa la cantidad de mezcla con la mariposa 3<sup>3</sup>.

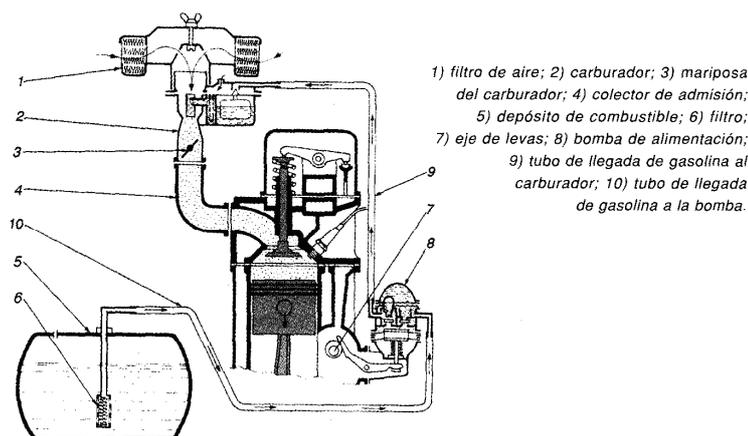
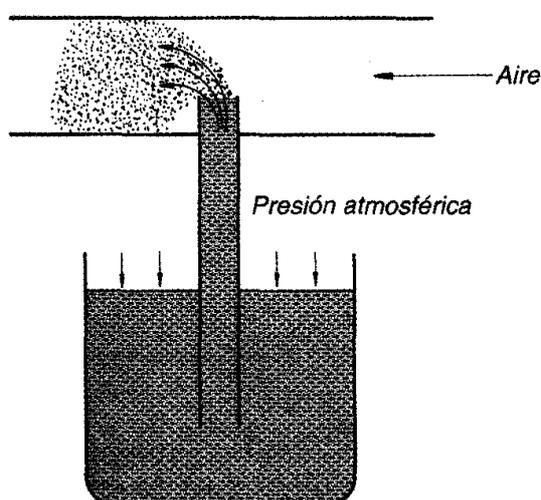


Fig. 1.21 Circuito de alimentación por bomba.  
(CEAC, Manual del Automóvil 2003)

<sup>3</sup> CEAC, Manual del automóvil, Editorial CEAC, Barcelona España, 2003.

El fundamento de la pulverización del combustible y su mezcla con el aire está basado en el hecho conocido de hacer pasar una corriente de aire por el extremo libre de un tubo fino sumergido en un líquido (Fig. 1.22). El aire que pasa sobre la boca del tubo arrastra por rozamiento a las partículas de aire que hay en él, creando una depresión en la zona alta del tubo; la presión atmosférica que actúa sobre la superficie libre del líquido empuja a éste hasta hacerle fluir. A medida que va saliendo es pulverizado por la corriente de aire.

La cantidad de líquido arrastrado y el grado de pulverización dependen de la velocidad del aire, del diámetro y la forma del orificio del tubo, de la densidad del líquido y del nivel de este.



*Pulverización del líquido.*

Fig. 1.22 Pulverización del líquido.  
(CEAC, Manual del Automovil 2003)

#### *1.3.4.1.1 Partes del carburador*

Los elementos principales de un carburador se muestran en la siguiente figura (Fig. 1.23).

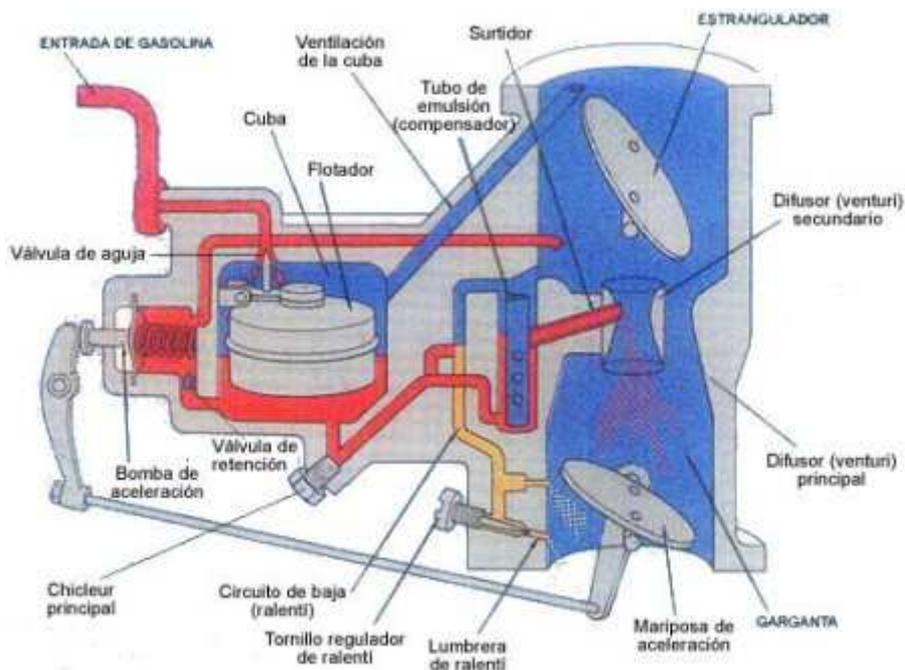


Fig. 1.23 partes de un carburador

(<http://www.coches20.com/definicion-carburador>)

La cuba es un depósito al que llega la gasolina a presión procedente de la bomba del circuito, a través de una válvula de aguja mandada por un flotador. Cuando el nivel de gasolina es bajo la válvula queda abierta, y a medida que entra gasolina va subiendo la boya hasta que la cierra; en realidad, con el motor en funcionamiento, la aguja se mantiene en una posición de equilibrio y va dejando entrar la misma cantidad de gasolina que se va gastando. En el fondo de la cuba hay un orificio que comunica con el surtidor.

El surtidor es un tubito con la forma apropiada que sale hasta el conducto de admisión en el centro del cuerpo del carburador, el nivel de gasolina en él es el mismo de la cuba y debe quedar 1 o 2 mm. por debajo de su extremo para que la gasolina no fluya cuando el motor está parado o el vehículo inclinado.

En el conducto de admisión, a la altura de la boca del surtidor, está situado el difusor. La misión del difusor es estrechar el conducto de admisión para aumentar la velocidad del aire, consiguiendo una succión más efectiva en el surtidor.

La válvula de mariposa, mandada por el pedal de acelerador, está situada por debajo del surtidor y es la encargada de obturar el conducto de admisión, permitiendo así mayor o menor paso de gases a los cilindros.

#### **1.3.4.2 Sistema de alimentación por inyección electrónica.**

El desarrollo de la industria automotriz generó problemas de contaminación ambiental, esto creó la necesidad de desarrollar motores más eficientes, económicos y limpios. Varias compañías a nivel mundial tomaron la tarea de optimizar la alimentación del motor reemplazando la carburación mediante la inyección del combustible.

Los sistemas de inyección de gasolina pueden clasificarse según su funcionamiento en tres grupos: sistemas de inyección mecánicos, electromecánicos y los electrónicos.

Por el número de inyectores utilizados, se clasifican en dos grupos: inyección monopunto e inyección multipunto. En los sistemas de inyección monopunto se dispone de uno o dos inyectores o electroválvulas que se encuentran acoplados al cuerpo del acelerador, que introduce el combustible en el colector de admisión. La inyección multipunto dispone de un inyector por cilindro, generalmente asentados en las proximidades de las válvulas de admisión.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> PORTILLA, Ángel. Curso de Inyección Electrónica en Motores a Gasolina; 2003

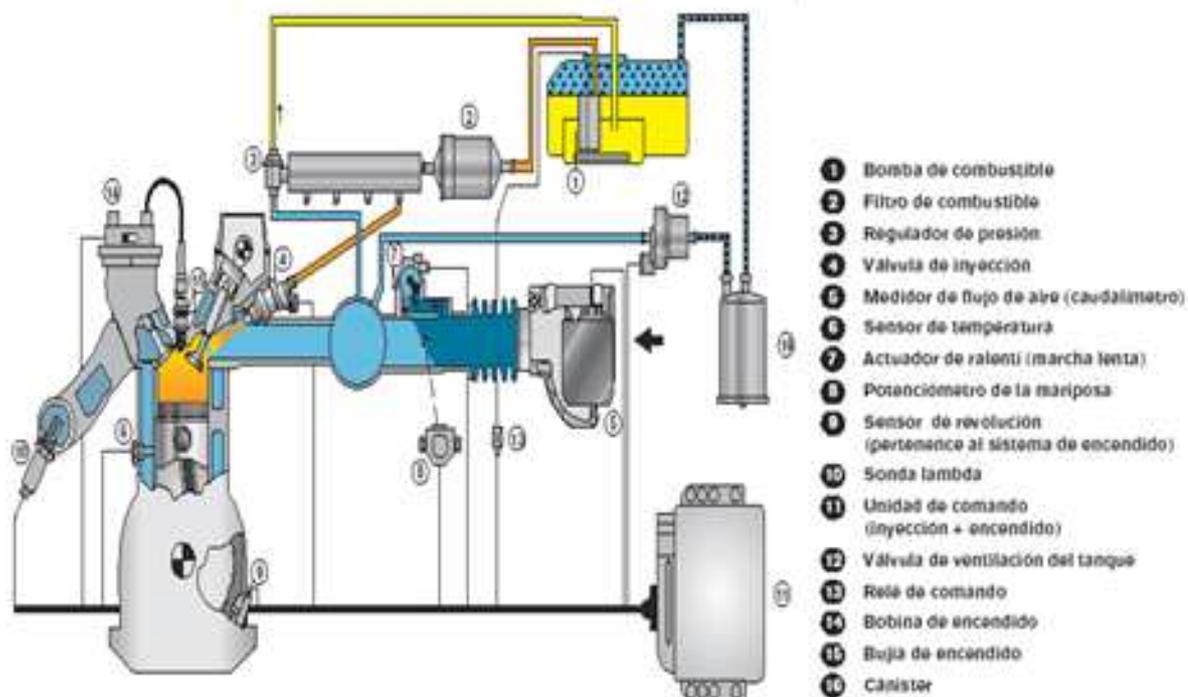


Fig. 1.24 Componentes básicos de un motor de inyección electrónica de combustible.

(Portilla A. "Manual para Motores 2005")

La aplicación de la electrónica a los sistemas de inyección, ha elevado el grado de eficiencia a la hora de introducir al cilindro la cantidad exacta de combustible que necesite, permitiendo de esta manera medir todos los parámetros indispensables para conseguir una dosificación perfecta, hasta el punto de que sistemas combinados de: control, inyección y encendido, son aplicados en los modelos que se fabrican actualmente (Fig. 1.24).

A través de los colectores y conductos de admisión solamente circula aire, inyectándose la gasolina justamente en la entrada al cilindro en el tiempo de admisión, la corriente de aire que entra al cilindro arrastra los vapores de gasolina, formándose una mezcla homogénea que se introduce al cilindro. Cada uno de los cilindros recibe la misma cantidad de carburante, cualquiera que sea la condición de servicio.

Los sistemas de inyección presentan, frente a la carburación, las siguientes ventajas:

- Menor consumo de combustible.
- Mayor potencia del motor y mejor aceleración.
- Mejor arranque y comportamiento en frío del motor.
- Menor contaminación por gases de escape.

#### *1.3.4.2.1 Principio de funcionamiento de un sistema de inyección electrónica.*

El sistema EFI se basa fundamentalmente en que unos captadores o sensores detectan permanentemente el estado de funcionamiento del motor y sus características.

Estos sensores producen señales eléctricas, que son transmitidas y recogidas por una unidad electrónica de control (ECU), que se encargará según los diferentes valores recibidos de:

- Modificar la aportación de combustible con respecto a la del aire, y así mantener siempre una dosificación correcta para cada uno de los múltiples estados de funcionamiento del motor.
- Gobernar con precisión el instante y duración en que permanezcan abiertos los inyectores.

Otra parte controlada es el régimen de giro del motor para determinar la dosificación más correcta, y así enriquecer o empobrecer la mezcla gaseosa según sea necesario.

Además se disponen de sensores de gases de escape, que permanentemente dan información sobre las proporciones de gases contaminantes que se encuentran en los residuos de la combustión, de forma que estos se corrijan inmediatamente, con la consiguiente reducción de emisiones nocivas a la atmósfera.

### **1.3.5 SISTEMA DE ENCENDIDO**

El sistema de encendido es el encargado de elaborar la corriente de alta tensión que salta en forma de chispa entre los electrodos de la bujía, iniciando la combustión de la mezcla en el interior del cilindro.

La corriente que llega a las bujías debe ser de alta tensión, dependiendo del sistema de encendido el voltaje podría estar en el rango de 10000 – 40000 V.

El elemento encargado de elevar la tensión que se obtiene de la batería (aproximadamente 12 V) hasta los miles de voltios necesarios es la bobina.

Pero además de generar alto voltaje el sistema de encendido debe distribuir las chispas entre los cilindros, haciéndolas saltar en las bujías en un momento del final de la etapa de compresión.

Los sistemas de encendido según su perfeccionamiento pueden encuadrarse en los siguientes grupos.<sup>5</sup>

- Encendido convencional.
- Encendido electrónico integral
- Encendido electrónico programado
- Encendido electrónico estático

#### **1.3.5.1 Encendido convencional.**

La corriente de la batería fluye a través de un enrollado primario (de baja tensión) de la bobina y magnetiza el núcleo de hierro de la misma. Cuando una pieza llamada platino o ruptor abre dicho circuito, se produce una corriente transitoria de alta frecuencia en el enrollado primario, lo que a su vez induce una corriente transitoria en el secundario con una tensión más elevada, ya que el número de espiras de éste es mayor que el del primario. Esta alta tensión secundaria es necesaria para que salte la chispa entre los electrodos de la bujía. El distribuidor, que conecta el enrollado secundario con las bujías de los cilindros en la secuencia de encendido adecuada, dirige en cada momento la tensión al cilindro correspondiente.

El ruptor y el distribuidor están movidos por un mismo eje conectado al árbol de levas, lo que garantiza la sincronización de las chispas.

---

<sup>5</sup> CEAC, Manual del automóvil, Editorial CEAC, Barcelona España, 2003.

El sistema de encendido posee los siguientes componentes como se muestra en la figura 1.25.

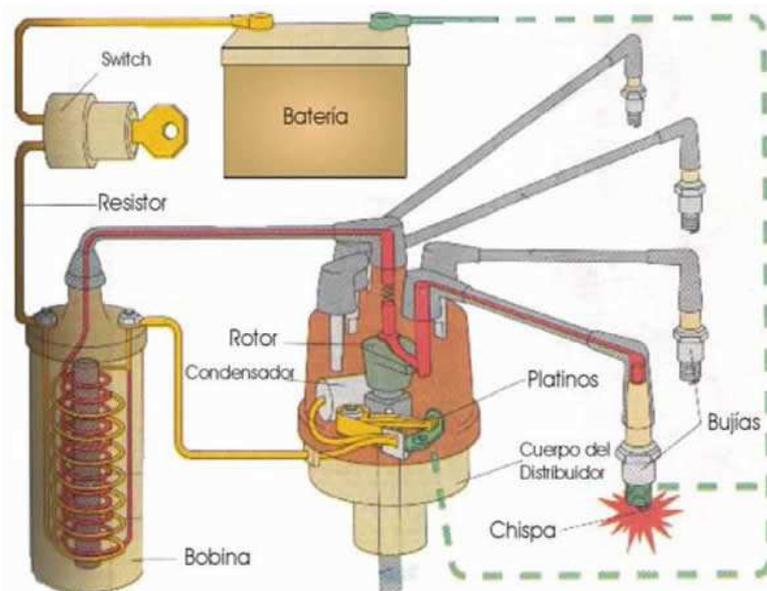


Fig. 1.25 Componentes del sistema de encendido.  
( [http://usuarios.multimania.es/ladaniva/.../Encendido\\_01.JPG](http://usuarios.multimania.es/ladaniva/.../Encendido_01.JPG))

- El switch, conecta el acumulador con el sistema de encendido.
- La bobina, transforma la corriente de bajo voltaje del acumulador, en la corriente de alto voltaje necesaria para que arranque el motor.
- Los cables de alto voltaje, conectan la bobina, el distribuidor y las bujías.
- Las bujías, una por cada cilindro, inflaman la mezcla de aire y gasolina.
- El cable negativo del acumulador, se conecta al chasis para hacer tierra y completar así el círculo que permite que fluya la electricidad.
- El acumulador, abastece de corriente eléctrica al sistema de encendido y a los demás accesorios eléctricos del automóvil.

### 1.3.5.2 Encendido electrónico integral

Se usan uno o dos captadores que actúan sobre el volante para generar impulsos, que proporcionan al módulo electrónico información sobre el número de revoluciones del motor y de los momentos en *que* el cigüeñal pasa por los PMS;



ECU para cada situación, teniendo en cuenta la carga y el número de revoluciones del motor.

Se sabe que la Ignición de la mezcla debe comenzar antes de que el pistón llegue al PMS. En el tiempo de compresión. El valor del ángulo de avance a la ignición depende de la cantidad de mezcla que llene el cilindro (grado de compresión), de su composición (riqueza), de su temperatura, etc. Porque estas variables influyen en la velocidad de la propagación de la llama en la cámara, todas ellas quedan englobadas en el concepto de carga. Por otra parte, a medida que aumenta el número de revoluciones, el tiempo disponible para la combustión disminuye, y para que se realice completamente es necesario iniciarla con antelación.

Al programar los avances al encendido se hacen, pues, en función de la carga y del número de revoluciones. Como además de la carga y del número de revoluciones también influye en la velocidad de la llama el diseño de la cámara de compresión, la programación hay que hacerla para cada tipo de motor.

Para confeccionar el programa de avance se parte de un motor montado en un banco de pruebas y se van determinando, con extraordinaria precisión, miles de ajustes de reglajes del encendido que responden a todas las combinaciones posibles con los avances idóneos en cada instante para las distintas condiciones de trabajo. Los valores obtenidos para cada carga y número de revoluciones son reflejados en un diagrama tridimensional, que por su aspecto recibe el nombre cartográfico o mapado. En la figura 1.27 se puede ver el diagrama cartográfico del encendido del Motronic.

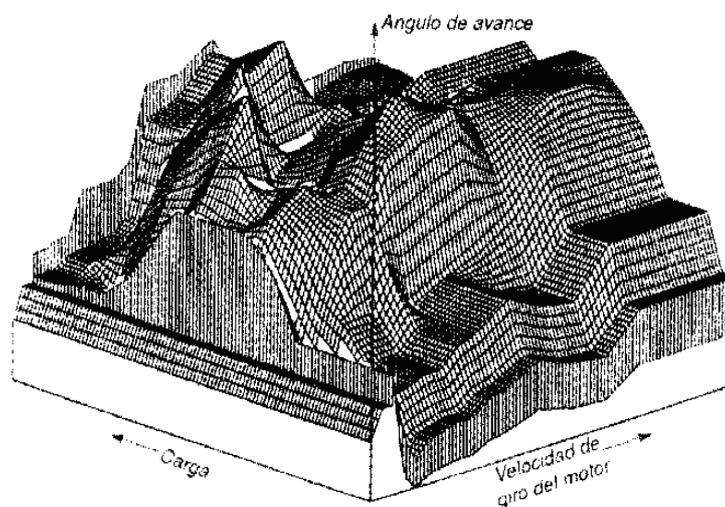


Fig. 1.27 Cartografía compleja del encendido del motronic  
(CEAC, Manual del Automovil 2003)

De lo accidentado de la cartografía del encendido del Motronic, se deduce lo complejas que son las necesidades de avance en un motor, y no es de extrañar que la aplicación de este avance programado supla con muchas ventajas a los que se basan en las sencillas leyes de los avances por contrapesos y de vacío. Los datos del programa de avance son introducidos en la memoria de un microprocesador incluido en la ECU.

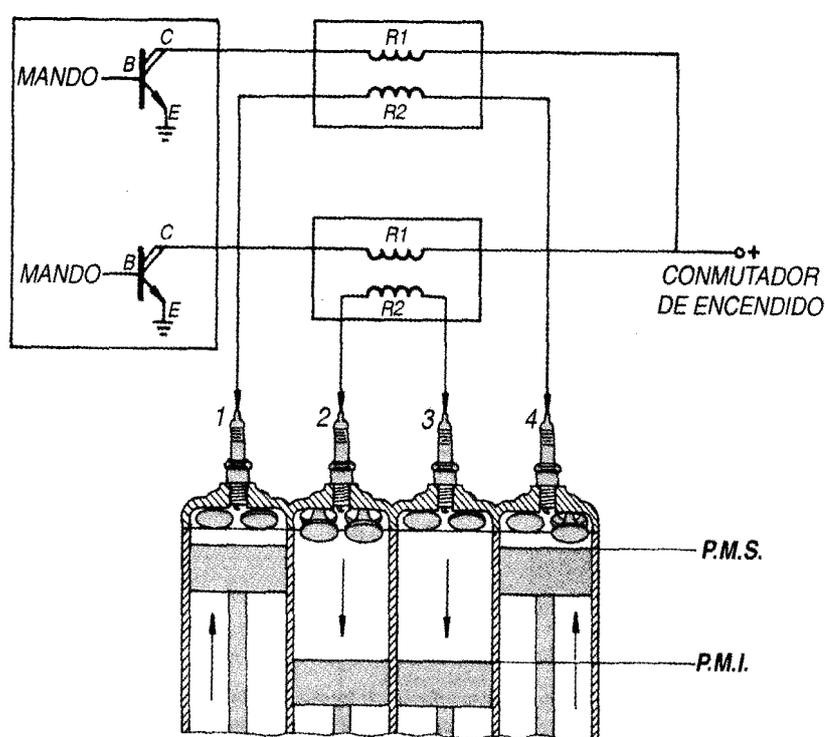
#### 1.3.5.4 Encendido totalmente electrónico o estático

Este encendido participa de las características del encendido electrónico integral, pero en él se ha sustituido el distribuidor de alta tensión giratorio por un sistema de distribución estático. Las ventajas que aporta son las siguientes:

- No existe ninguna pieza giratoria.
- Nivel de ruidos inferior.
- Supresión de las chispas entre la pipa y los plots de la tapa del distribuidor, que son la causa de perturbaciones electromagnéticas.
- Permite eliminar el cable de alta tensión que une la bobina con el distribuidor

- Al carecer de distribuidor desaparece el mecanismo de mando del mismo, lo que supone una ventaja constructiva para el fabricante del motor.

La distribución estática de la alta tensión se logra con el empleo de bobinas de dos chispas, gobernadas por un módulo electrónico a partir de las señales de un captador del PMS y del número de revoluciones y de una toma de vacío del colector de admisión. En la figura 1.28 se muestra el esquema de este tipo de distribución para un motor de cuatro cilindros. Consiste en disponer dos bobinas de dos chispas, cada una de las cuales alimenta a dos bujías.



*Esquema de la distribución estática de la alta tensión.*

Fig. 1.28 Esquema de la distribución estática.  
(CEAC, Manual del Automovil 2003)

Como todas las bobinas de encendido, éstas constan de un arrollamiento primario R1 y otro secundario R2. Cada uno de los extremos de cada secundario va conectado a una bujía de manera que se forman dos circuitos de la alta tensión independientes, constituidos por un secundario y dos bujías en serie con él que cierran circuito entre sí por masa. Cuando se interrumpe la corriente en el primario

de una bobina, se produce una alta tensión en el secundario que da lugar a dos chispas simultáneas en las bujías conectadas a sus extremos.

Una de las bobinas está conectada a las bujías de los cilindros 1 y 4, y la otra a las de los 2 y 3, cuyos pistones suben y bajan al mismo tiempo. En cada pareja de cilindros las chispas saltan cada vuelta cuando los pistones están próximos al PMS, al final de la compresión en uno, produciendo el encendido de la mezcla, y al final del escape en el otro sin ninguna consecuencia. Como la resistencia entre los electrodos de la bujía del cilindro que está en tiempo de escape es pequeña, por ser poca la presión residual de los gases, la práctica totalidad de la energía almacenada en la bobina queda disponible para la bujía que está en fase de ignición.

Las bobinas empleadas en los motores de cuatro cilindros pueden ser independientes o estar agrupadas las dos en una sola carcasa.

En los motores de seis y ocho cilindros es necesaria una bobina de 2 chispas por cada 2 cilindros, y en los motores de un número de cilindros impar hay que disponer de una bobina de una chispa para cada cilindro.

La distribución estática es especialmente interesante combinada con sistemas que disponen de sensores que pueden utilizarse conjuntamente como por ejemplo el de inyección electrónica Motronic.

#### **1.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR.**

Las curvas características de un motor de combustión interna son las que indican, en función de la velocidad de rotación del motor: la potencia, el par y el consumo específico del mismo (Fig. 1.29). Están incluidas en un rango de revoluciones, debajo del cual el motor funciona muy irregularmente y/o tiende a apagarse y si se sobrepasa el límite superior los elementos mecánicos están muy cerca de sufrir daños irremediables o rupturas irreparables. Estos dos extremos determinan el campo de utilización de un motor.

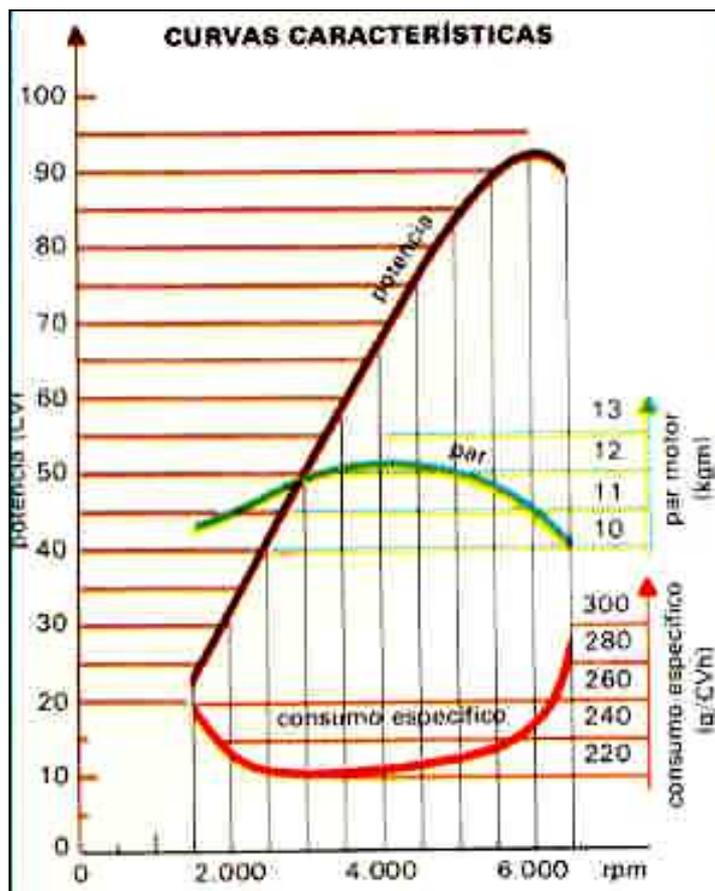


Fig. 1.29 Curvas Características del motor.  
([http://www.uamerica.edu.co/motores/images/curvas\\_caract.jpg](http://www.uamerica.edu.co/motores/images/curvas_caract.jpg))

### 1.4.1 EL PAR MOTOR

El par es el esfuerzo de giro sobre un eje originado por una fuerza exterior a él. Su valor, es el producto de la fuerza por la longitud de la perpendicular (brazo) trazada desde el centro del eje a la dirección de la fuerza.

En un movimiento circular (de giro) las direcciones cambian continuamente.

$$M_t = F \cdot d \quad (1-1)$$

Se anota  $M_t$  (o sólo  $M$ ) debido a que también se llama momento de torsión.

Cuando el pistón se encuentra en el PMS, la base de la biela está en el punto  $b$ , bajar el pistón, la biela gira alrededor del centro del cigüeñal, desde  $b$  hasta  $a$ . La presión representada por las flechas que actúan sobre el pistón multiplicada por la superficie de este dan la fuerza actuante (Fig. 1.30)

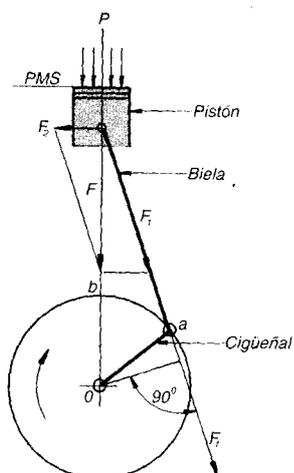


Fig. 1.30 Esquema de los elementos relacionados con el par motor.  
(CEAC, Manual del Automovil 2003)

La dirección que tiene esta fuerza  $F$  es la del movimiento del pistón, esto es, dirigida verticalmente, hacia el centro de giro del cigüeñal ( $O$ ). Sin embargo, la biela está inclinada, y es a través de ella por donde se transmite la fuerza ( $F_1$ ). Debido a esta inclinación, aparece una fuerza lateral ( $F_2$ ) que empuja al émbolo sobre la pared del cilindro en esa zona.

#### 1.4.1.1 Valor medio del par

Los impulsos que se van aplicando al cigüeñal dan lugar a un giro irregular del mismo pero debido a la inercia de las partes giratorias del motor principalmente el cigüeñal y el volante el giro se regulariza<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> CEAC, Manual del automóvil, Editorial CEAC, Barcelona España, 2003.

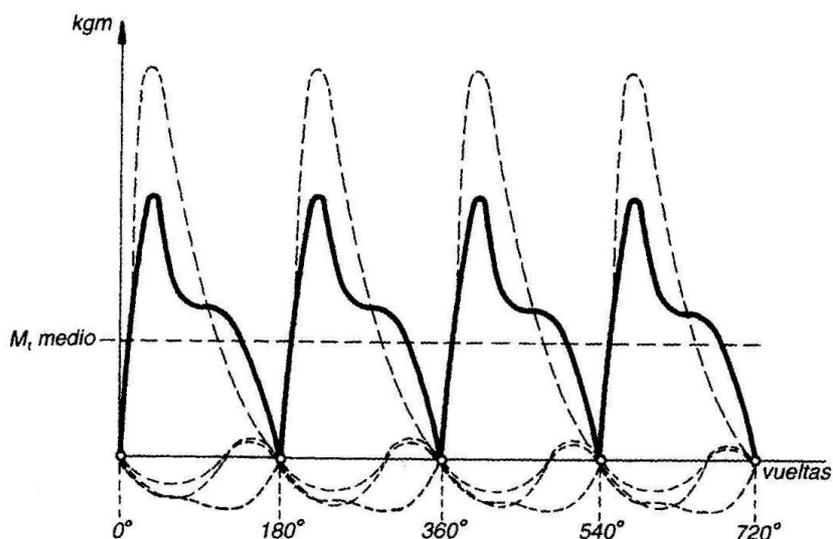


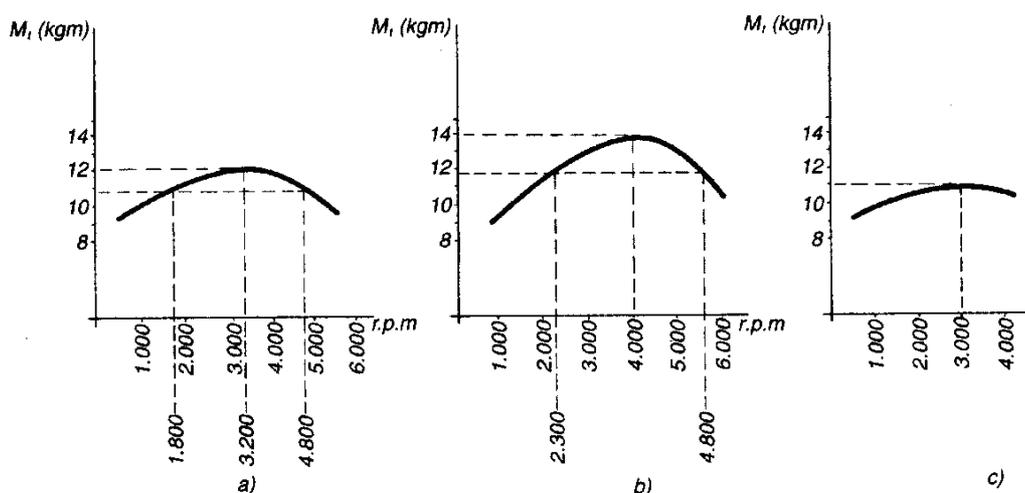
Fig. 1.31 Diagrama del par en motor de 4 tiempos  
(CEAC, Manual del Automovil 2003)

Con la aplicación de los pares intermitentes al cigüeñal, el motor gira a un determinado número de revoluciones. De una forma teórica, estas mismas revoluciones se podrían conseguir aplicando al cigüeñal un par constante, que sería equivalente al valor medio de los pares instantáneos fig. 1.31. La intensidad de los esfuerzos que recibe el cigüeñal dependen del llenado de los cilindros. A su vez, el llenado depende del número de revoluciones. Por ello, a cada velocidad de giro le corresponde un valor medio del par.

#### 1.4.1.2 Curva del par motor

Si se van obteniendo los valores medios del par para cada número de revoluciones y se van trasladando a un diagrama donde las alturas sobre el eje vertical sean estos valores, y las distancias sobre el eje horizontal sean las revoluciones a las que se obtienen uniendo todos los puntos hallados se llega a una curva como las de la fig. 1.32 llamada curva del par motor.

En esta figura se han representado tres curvas, la a y la b corresponden a dos motores de gasolina y la c a un motor diesel.



Tres ejemplos de curvas del par motor:  
la a) y la b) son de motores de gasolina; la c) es de un motor diesel.

Fig. 1.32 Ejemplos de curvas del par motor  
(CEAC, Manual del Automovil 2003)

## 1.4.2 LA POTENCIA DE UN MOTOR

El par se ha definido como el esfuerzo de giro que hace un motor. Este esfuerzo llega a las ruedas a través de los mecanismos de la transmisión y, venciendo las resistencias que opone el vehículo, lo hace moverse.

Para un mismo valor del par y una misma resistencia al avance del coche, cuantas más vueltas dé el cigüeñal, más velocidad alcanzará el vehículo. Esta combinación par-revoluciones es la potencia.

Según esto, la potencia vendrá expresada por la fórmula:

$$P = M * \omega \quad (1-2)$$

En donde  $M_t$  es el par motor expresado inicialmente en kgm (o kgf«m), y  $\omega$  (letra griega omega) es la velocidad angular, expresada inicialmente en radianes por segundo.

Para expresar la velocidad angular en r.p.m. hay que multiplicar los rad/s (radianes por segundo) por 9,55. Por ejemplo, una velocidad angular de 500 rad/s son unas 4.775 r/min.<sup>7</sup>

Sabiendo las r.p.m., para expresar la potencia en CV hay que aplicar la fórmula siguiente:

$$P = \frac{M * rpm}{716.2} \quad (1-3)$$

El número 716,2 es una constante (un número fijo) que permite la transformación directa de los kgm/s en CV y los minutos en segundos.

Si el par motor es de 14 kgm y la velocidad angular es de 4.775 r/min:

$$P = \frac{14 * 4775}{716.2} = 93.34 CV$$

En Kw seria:

$$\frac{93.34}{1.36} = 63.63 KW$$

#### 1.4.2.1 Curva de potencia

Las variaciones de la potencia con el número de revoluciones se pueden representar mediante una curva en un diagrama de dos ejes: el vertical para las potencias y el horizontal para las r.p.m.

En la figura 1.33 están representadas las curvas del par y de la potencia de un motor, los mismos que se deben leer por separado. Ya que su verdadera relación viene dada por la fórmula de la potencia antes descrita.

---

<sup>7</sup> CEAC, Manual del automóvil, Editorial CEAC, Barcelona España, 2003.

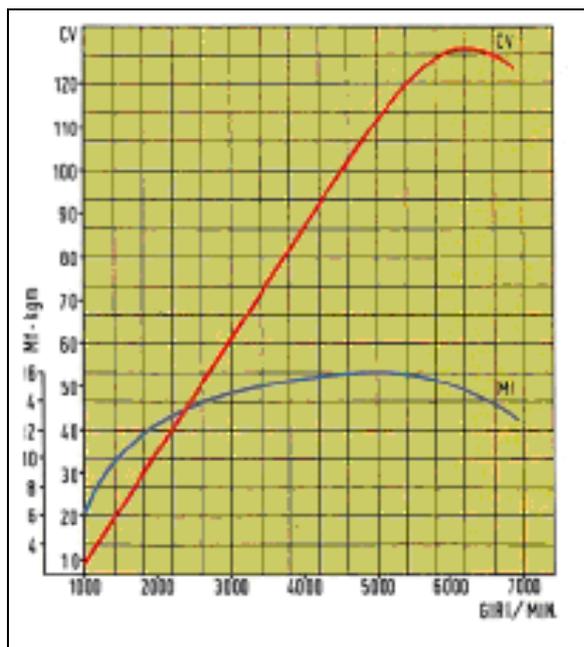


Fig. 1.33 par y potencia

(<http://www.salesianosburgos.com/DEPARTAMENTOS/.../caracteristicas.pdf>)

#### 1.4.2.2 Clases de potencia

Las diferentes clases de potencia a considerar son: potencia efectiva, potencia másica y potencia específica.

La potencia efectiva de un motor es la que realmente tiene en un banco de pruebas, pero para poder comparar motores entre sí, hay que saber en qué condiciones se ha medido cada uno. Hay dos sistemas principales de medir la potencia: el SAE y el DIN.

En el SAE (de origen norteamericano) la potencia se mide con el motor libre de accesorios que consuman potencia, esto es: sin alternador, sin ventilador, sin bomba de agua, sin filtro de aire, sin silenciador de escape, etc. En cambio, en el DIN (de origen alemán) la prueba se *realiza* con el motor al completo. Lógicamente, la potencia de un mismo motor resulta mayor con las normas SAE que con las DIN. Cuando en los catálogos y manuales se hace mención de la potencia, esta suele venir acompañada de las siglas de la norma.

La potencia másica es la relación existente entre el peso del motor y su potencia efectiva. Se trata, pues, de una potencia relativa que da una idea del aprovechamiento mecánico. Se expresa en kg/CV

La potencia específica es el número de CV que se obtienen por cada litro de cilindrada. La potencia específica da una idea de cómo se aprovecha la cilindrada.

### 1.4.3 CONSUMO ESPECÍFICO

El consumo específico es la cantidad de combustible consumido por cada unidad de trabajo desarrollado por el motor. Se expresa por  $C_s$  y se mide en gr/CV\*h (gramos por caballo vapor hora) y en gr/Kw\*h (gramos por kilovatio hora).

La curva del consumo específico es la que completa el conjunto de las curvas características de un motor, estando también en relación con las r.p.m.

Teóricamente, el consumo específico debería ser igual a cualquier número de revoluciones, siendo independiente de la cilindrada ' del motor. Si un motor gira más deprisa consume más combustible, pero también proporciona mayor cantidad de trabajo, igualmente Si un motor tiene mayor cilindrada gasta más, pero también es más potente.

En la práctica esto no es así, sino que la riqueza de la mezcla varía según las necesidades del motor. En la figura 1.34 se representa una curva de consumo específico genérica para un motor de gasolina.

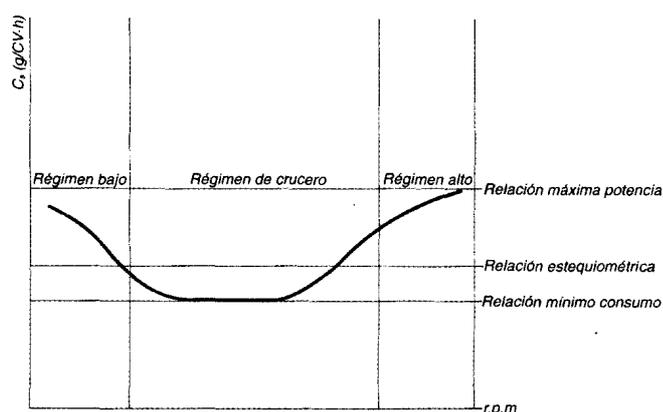


Fig. 1.34 Ejemplo de Curva de consumo específico.  
(CEAC, Manual del Automovil 2003)

A un bajo número de revoluciones, debido a la poca depresión que se origina en la admisión, el llenado del cilindro es menor y los restos de gases de escape

mayores. En este ambiente, es necesario enriquecer la mezcla para aprovechar el aire, y como el trabajo producido es pequeño, el consumo específico es alto.

A velocidades de giro medias (velocidad de crucero del automóvil), la riqueza de la mezcla se puede reducir por debajo de la relación estequiométrica o teórica, ya que el motor trabaja en buenas condiciones con esfuerzos moderados. El consumo específico disminuye.

A altas revoluciones, las explosiones suceden con mucha rapidez, y pese a la refrigeración del motor, la temperatura en la cámara de explosión se eleva en exceso, pudiendo afectar a las piezas que trabajan en peores condiciones de refrigeración, como la bujía, la válvula de escape y zonas cercanas a ellas. Una mezcla rica arde con menor temperatura, protegiendo las piezas citadas además preserva de la detonación. Si a estas circunstancias se añade que la relación aire-gasolina de máxima potencia es un poco superior a la teórica, no es de extrañar que se aumente la proporción de gasolina y el consumo específico se eleve en esta zona de la curva. Esta es una de las causas de que los coches, a grandes velocidades, tengan consumos mayores.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> CEAC, Manual del automóvil, Editorial CEAC, Barcelona España, 2003.

## **CAPITULO 2**

### **MEDICIONES EN EL BANCO DE PRUEBAS**

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en el Control de Emisiones Vehiculares CCICEV realiza pruebas, mediciones y evaluación de emisiones contaminantes, consumo de combustible y de las variaciones de torque y potencia, en motores de combustión interna con carburador y con sistema de inyección electrónica, usando mezclas de gasolina con otros aditivos como el etanol.

Los resultados de estas pruebas se han analizado y comparado para establecer la eficiencia en la combustión, y así poder determinar que mezclas de combustible tienen un mejor desempeño.

#### **2.1 NORMAS APLICADAS**

El CCICEV, para realizar sus pruebas toma como referencia los procedimientos de las normas NTE INEN 960 (ver apéndice 1) para la determinación de la potencia del motor y NTE INEN 2203:99 (ver apéndice 2) desarrollada para el análisis de gases en ralentí y a 2500 rpm, en el cual se establecen los detalles del sistema de prueba y las técnicas de análisis de los gases de escape, con la finalidad de proveer un método de medición uniforme y reproducible. El método servirá como una guía de la instrumentación requerida y del procedimiento de medición, con las modificaciones pertinentes.

#### **2.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS**

Para realizar las diversas pruebas de control de emisiones contaminantes, o consumo de combustible, entre otras, el CCICEV utiliza los siguientes instrumentos que se detallan a continuación.

##### **2.2.1 BANCO DE PRUEBAS**

Las pruebas que el CCICEV realiza con diferentes tipos de combustibles lo hacen mediante un banco de pruebas que consta de un dinamómetro de banco eléctrico

y de 2 motores de combustión interna a gasolina que se acoplan individualmente al dinamómetro.

### 2.2.1.1 Motores de ciclo Otto

El CCICEV dispone de 2 motores de combustión interna a gasolina, uno de carburación (Fig. 2.1) y otro de inyección electrónica (Fig. 2.2). Cada uno de ellos se encuentra empotrado en una estructura móvil lo que facilita la conexión y desconexión con el dinamómetro de banco eléctrico.

Dentro de las características generales se puede mencionar que ambos motores son de 4 cilindros en disposición lineal, cada uno de ellos está equipado con una caja de cambios manual.

Actualmente los motores del banco de pruebas tienen incorporado un sistema de alimentación de GLP.

Las características específicas de los motores es la siguiente:

#### 1. Motor a Carburador



Fig. 2.1 Motor a carburador

- Marca: Mitsubishi.
- Cilindraje: 2200 cc.
- Año: 1996.

## 2. Motor con Inyección Electrónica



Fig. 2.2 Motor con inyección electrónica

- Marca: Lada Niva.
- Cilindraje: 1700 cc.
- Año: 2003.

### 2.2.1.2 Dinamómetro de banco eléctrico

Un dinamómetro es un instrumento que permite medir la potencia de un motor. El dinamómetro de banco eléctrico que posee el CCICEV (Fig. 2.3) ayuda a simular las distintas cargas a las que se someten los motores instalados en los vehículos,

con lo que se puede obtener los siguientes datos, que se visualizan mediante un display:



Fig. 2.3 Panel del dinamómetro

- Potencia (Kw).
- Torque o Par (Nm).
- Trabajo (Kwh).
- Velocidad (rpm).

En el dinamómetro se pueden realizar pruebas de hasta 6000 rpm y 150 Kw por un tiempo máximo de 14 segundos, y mientras la velocidad y la carga aplicada sea menor se puede aumentar el tiempo de funcionamiento del motor hasta 20 minutos de trabajo continuo. Como se muestra en la siguiente tabla.

P/Kw	3000	4000	5000	6000
30	20 min			
45	6 min			
40	2.5 min	16 min	16 min	

P/Kw	3000	4000	5000	6000
50	1.9 min	8 min	3 min	3 min
70	1.0 min	1.4 min	1.3 min	1.1 min
100	30 seg	43 seg	36 seg	30 seg
150	13 seg	20 seg	17 seg	14 seg

Tabla 2.1 Cargas máximas admisibles durante corto tiempo.

#### 2.2.1.2.1 Especificaciones técnicas del banco de pruebas



Fig. 2.4 Banco de pruebas

- Marca: Weinlich.
- Modelo: MP 80/6000 engine test bed with MP Computer.
- Dinamómetro: Freno de corrientes de Foucault electromagnético con refrigeración por aire.
- Gama de potencia: 10 ...150 Kw.
- Para probar:

- Motores de automóviles con cambio de marchas o automático.
  - Motores eléctricos.
  - Motores hidrostáticos.
  - Pequeños tractores en su toma de fuerza (equipo especial necesario).
- Alimentación: 400 V corriente trifásica (pueden suministrarse otros voltajes).
  - Equipo básico:
    - Dinamómetro.
    - Ordenador MP.
    - Cardán de transmisión para 800 Nm. máx.
    - Barra calibradora 250 Nm.
  - Corriente alterna: 220 V
  - Intensidad: 15.5 A
  - Frecuencia: 60 Hz

#### 2.2.1.2.2 Calibración del equipo

Antes de realizar cada prueba es indispensable verificar que el equipo esté correctamente calibrado, pero si es necesario calibrarlo se debe seguir el siguiente procedimiento.

1. Accionar el interruptor principal y esperar unos segundos (aprox. 10) para que la unidad de control se encienda.
2. Presionar la tecla "0 Nm"
3. Instalar la palanca de calibración (Fig. 2.5) y esperar a que deje de vibrar.
4. Presionar la tecla "valor de calibración". La pantalla muestra el par de la palanca de calibración, es decir, "250 Nm".
5. Retirar la palanca de calibración .

Nota: Por lo general, los valores de calibración son almacenados en la unidad de control. Si la información de la memoria ha sido borrada después de una larga pausa en su funcionamiento, y los valores de torque y potencia no se visualizan en el panel de control, seguir el procedimiento de calibración.



Fig. 2.5 Palanca de calibración 250 Nm.

## 2.2.2 ANALIZADOR DE GASES DE ESCAPE



Fig. 2.6 Analizador de gases MAHA MGT 5

En la determinación de las emisiones vehiculares que el CCICEV realiza, se contempla realizar dos tipos de pruebas: en ralentí y a 2500 rpm para determinar la concentración de gases y partículas contaminantes, se las realiza con el analizador de gases MAHA MGT 5 (Fig. 2.6), que tiene las siguientes características:

- Capacidad de medir hasta cinco gases: CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

- Analizador con carcasa de acero.
- Revestimiento protector de plástico.
- Filtros principales combinados / separador activo de agua, sensor extremo de oxígeno, filtro de carbón activado, conexión de calibración de gases.
- Tubo de sonda flexible y de alta calidad (longitud 8 m) equipado con pre filtro.
- Sonda de gases de escape de acero afinado (longitud 400mm) con tubo de toma flexible de acero trenzado, y con grapa reten y pieza de cierre.
- Manguera de escape del condensado (longitud 500mm).

### 2.2.3 LÁMPARA ESTROBOSCÓPICA

El estroboscopio es un instrumento que permite visualizar un objeto que está girando como si estuviese estático o girando muy lentamente.

Las aplicaciones más conocidas de la lámpara estroboscópica en el sector automovilístico son el control de la puesta a punto: RPM, Avance de encendido.



Fig. 2.7 Lámpara Estroboscópica

#### 2.2.3.1 Especificaciones del equipo

Marca: FERRET INSTRUMENT

Tipo: Eluminator optic 86

- Valores de medición:       - rpm  
                                  - Tiempo de encendido

El CCICEV utiliza la lámpara estroboscópica (Fig. 2.7) como herramienta de ayuda para confirmar el valor de rpm en las mediciones de los vehículos o de los motores del banco de pruebas.

#### **2.2.4 INSTRUMENTOS VARIOS**

Entre los instrumentos que se utilizan como apoyo para la realización de las pruebas constan los siguientes elementos:

- Regleta para medir el consumo de combustible.
- Cronometro para establecer el tiempo de funcionamiento del banco de pruebas y además se lo utiliza en conjunto con la regleta para determinar el consumo de combustible.

### **2.3 MÉTODOS UTILIZADOS ACTUALMENTE POR EL CCICEV**

El CCICEV con la ayuda de las normas mencionadas en el literal 2.1 y los manuales de operación de los equipos, ha establecido procedimientos específicos para cada una de las pruebas que realiza.

A continuación se detallan los procedimientos para cada prueba, los cuales se aplican tanto al motor de carburador como al de inyección electrónica.

#### **2.3.1 TORQUE Y POTENCIA.**

Con el propósito de determinar el comportamiento de las curvas de torque y potencia del motor utilizando gasolina simple y mezclada con aditivos como el etanol, se sigue el procedimiento siguiente:

1. Encender el banco de prueba de motores.
2. Poner la caja de cambios en cuarta marcha, con lo que se obtiene la relación 1 a 1.
3. Acelerar el motor hasta las velocidades de 2500 o 3000 r.p.m.

4. Tomar los valores de torque y potencia que son visualizados en el display del equipo en la tabla del anexo 1.
5. Proporcionar carga al motor con la perilla del dinamómetro (Fig. 2.8) hasta que disminuya en 500 el número de rpm, con la mariposa del acelerador fija en la posición del paso 3.
6. Repetir el pasos 4 y 5 cada 2500, 2000, 1500, y 1000 rpm.
7. Quitar la carga y desacelerar el motor.

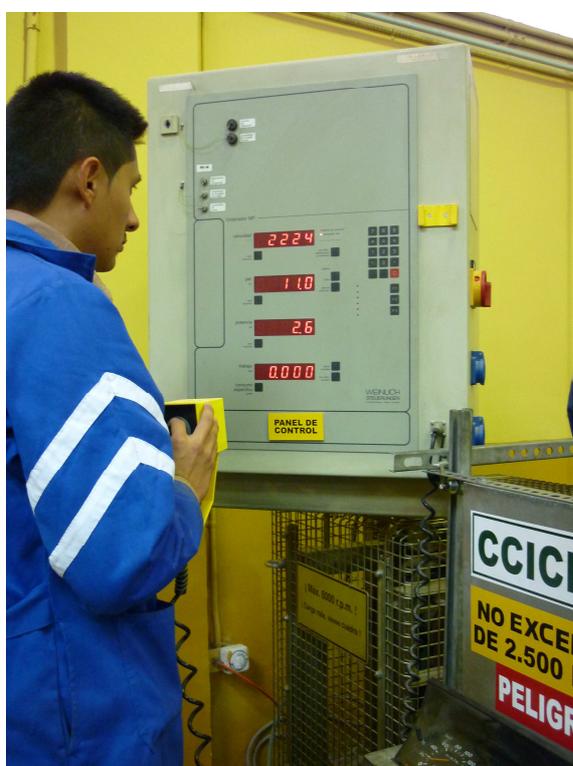


Fig. 2.8 Prueba de Torque y Potencia

### 2.3.2 ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE

Para el control de emisiones vehiculares en motores a gasolina se efectúa el siguiente procedimiento:

1. Encender el banco de prueba de motores.
2. Poner la caja de cambios en cuarta marcha, con lo que se obtiene la relación 1 a 1.

3. Colocar la pinza trigger del equipo de medición en el sistema de encendido del motor.
4. Retirar la varilla de medición del aceite del motor y colocar la sonda de temperatura del equipo.
5. Colocar la sonda del analizador de gases en el punto de salida del sistema de escape del vehículo (cerciorarse de que la sonda permanezca fija dentro del tubo de escape durante la prueba)
6. Esperar un tiempo para la estabilización del equipo, aproximadamente 30 segundos y grabar los valores obtenidos (Fig. 2.9)
7. Acelerar hasta llevar al motor a un régimen determinado de r.p.m.
8. Esperar que se estabilice el equipo y grabar los valores obtenidos.
9. Verificar que los valores hayan sido guardados.
10. Repetir los pasos 5, 6 y 7 cada número determinado de r.p.m. hasta alcanzar las 3000 r.p.m.
11. Desacelerar el motor.
12. Retirar la sonda del tubo de escape, la pinza trigger y de la temperatura del motor.



Fig. 2.9 Análisis de gases de escape

### 2.3.3 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para determinar el consumo de combustible se sigue el siguiente procedimiento.

1. Encender el banco de prueba de motores.
2. Poner la caja de cambios en cuarta marcha, con lo que se obtiene la relación 1 a 1.
3. Acelerar el motor hasta la velocidad de 2500 o 3000 r.p.m.
4. Tomar el nivel inicial de combustible en el tanque.
5. Tomar el nivel de combustible después de haber transcurrido 30 segundos.(Fig. 2.10)
6. Proporcionar carga al motor con la perilla del dinamómetro (Fig. 2.8) hasta que disminuya en 500 el número de rpm, con la mariposa del acelerador fija en la posición del paso 3.
7. Repetir el pasos 4 y 5 cada 2500, 2000, 1500, y 1000 rpm
8. Desacelerar el motor.



Fig. 2.10 Prueba de consumo específico.

### 2.3.4 OBTENCIÓN DE RESULTADOS FINALES

Una vez establecidos los procedimientos para cada prueba es necesario detallar como se obtienen los resultados de las mismas y como se los procesa y analiza para obtener los resultados finales.

Los datos de la tabla son ingresados a un archivo de Excel, dependiendo del caso previamente preparado para hacer conversiones de datos o aplicar formulas, para de esta manera realizar las graficas en el mismo programa e interpretarlas posteriormente. (fig. 2.11)

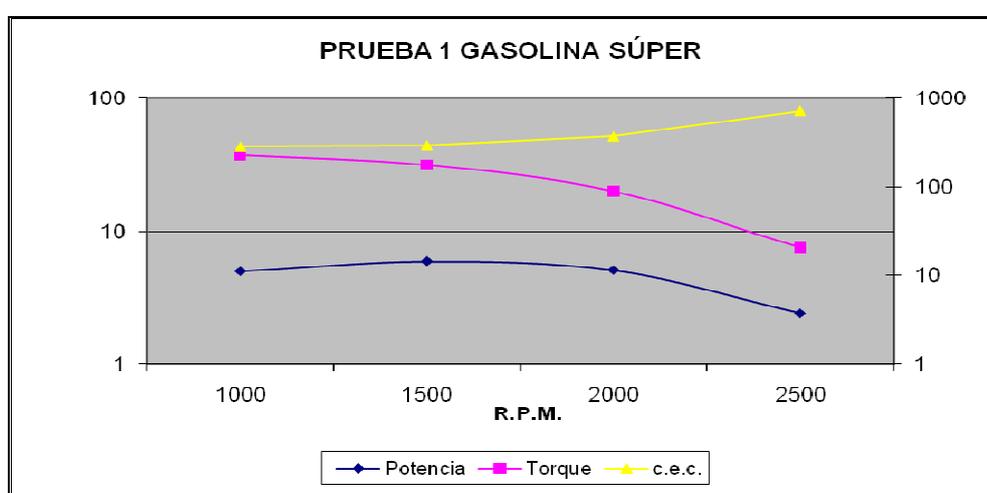


Fig. 2.11 grafico de curvas

Para el análisis de torque y potencia se realiza una gráfica directamente con los valores de éstos o con sus promedios en relación a la velocidad.

Para la gráfica del análisis de consumo específico se requieren los datos del consumo de combustible, el tiempo de consumo y la potencia aplicando las siguientes formulas:

$$\text{consumo específico de combustible} = \frac{\text{flujo mástico}(\text{gr/h})}{\text{potencia}(\text{Kw})} \quad (2-1)$$

$$\text{flujo mástico } \dot{m} = \frac{\text{masa}(\text{Kgr})}{\text{tiempo}(\text{h})} \quad (2-2)$$

$$\text{masa} = \text{volumen (ml)} \times \text{densidad (Kgr/l)} \quad (2-3)$$

Teniendo como resultado la fórmula:

$$\text{c. e. c.} = \frac{\text{volumen (ml)} \times \text{densidad (Kgr/l)} \times 3600}{\text{potencia (Kw)} \times \text{tiempo (s)}} \quad (2-4)$$

Donde:

Volumen es el consumo de combustible obtenido de las pruebas en mililitros.

Densidad es la densidad del combustible utilizado en este caso de la gasolina súper es de 0,7503 y de la extra es de 0,7451 kilogramos por litro (Kgr./l).

Los 3600 es una constante para la conversión de unidades.

La potencia es la potencia del motor obtenida del dinamómetro en kilovatios.

Y el tiempo es lo que se demora en consumir el volumen de combustible, medido en segundos.

De esta forma el consumo específico de combustible queda en las siguientes unidades:

$$\text{c. e. c} = \frac{\text{Gramo}}{\text{Kilowattio} - \text{Hora}}$$

En la prueba de gases, los datos grabados automáticamente en el programa (Fig. 2.12) son utilizados para analizar el valor de los agentes contaminantes

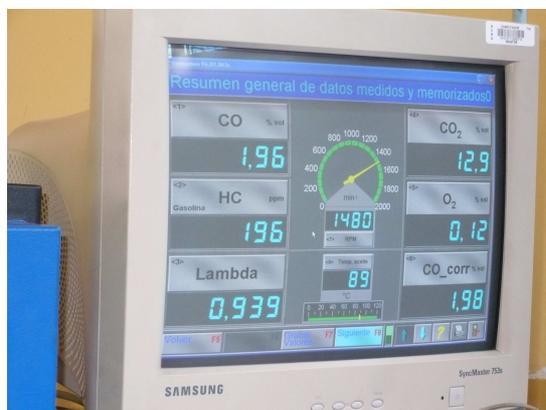


Fig. 2.12. Datos del análisis de gases.

## **CAPÍTULO 3**

### **INSTRUMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

Instrumentación es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste.

La instrumentación es lo que ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual en casos tales como: los viajes espaciales, la automatización de los procesos industriales y muchos otros de los aspectos de nuestro mundo moderno.

#### **3.1 DISPOSITIVOS PARA MEDIR CAUDAL Y VELOCIDAD DE FLUIDOS**

La medición del flujo es una función importante dentro de cualquier empresa que emplee fluidos para realizar sus operaciones regulares. Se refiere a la capacidad de medir la velocidad, el flujo volumétrico o el flujo másico de cualquier líquido o gas.

La medición adecuada del flujo es esencial para el control de procesos industriales, transferir la vigilancia de fluidos y evaluar el rendimiento de motores, sistemas de refrigeración y otros sistemas que emplean fluidos en movimiento.

##### **3.1.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN**

Existen muchos dispositivos para la medición de flujo. Algunos de ellos miden la velocidad de flujo de volumen en forma directa, mientras que otros miden la velocidad promedio del flujo que se convierte a flujo volumétrico utilizando la ecuación  $Q = A \cdot v$ . Asimismo, algunos de ellos proporcionan mediciones primarias directas, mientras que otros requieren calibración o la aplicación de un coeficiente de descarga a la salida observada del dispositivo. La forma de la salida del medidor de flujo también varía en forma considerable de un tipo a otro. La indicación puede ser una presión, un nivel de líquido, un contador mecánico, la posición de un indicador en la corriente del fluido, una señal eléctrica continua o

una serie de pulsos eléctricos.<sup>9</sup>

La selección del tipo básico de medidor de fluido y su sistema indicador depende de varios factores, a continuación se describen los más importantes:

#### **3.1.1.1 Rango**

Los medidores disponibles en el mercado pueden medir flujos desde varios mililitros por segundo (mL/s) para experimentos precisos de laboratorio hasta varios miles de metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s) para agua de riego y sistemas municipales de agua potable y residual. Por consiguiente, para una instalación de medición en particular, debe conocerse el orden de magnitud de flujo volumétrico, así como el rango de las variaciones esperadas.

#### **3.1.1.2 Exactitud requerida**

Virtualmente cualquier dispositivo de medición de flujo que se instale y opere en forma apropiada tiene una exactitud dentro de 5% del flujo real. La mayor parte de los medidores comerciales poseen una exactitud del 2%, y hay algunos de los que se afirma es de 0.5%. Por lo general, si se desea más exactitud el costo es un factor importante.

#### **3.1.1.3 Pérdida de Presión**

Debido a que los detalles de construcción de los distintos medidores son muy diferentes, éstos producen cantidades de pérdida de energía diferentes conforme el fluido pasa a través de ellos. Con la excepción de algunos tipos, los medidores de fluido llevan a cabo la medición colocando una restricción o un dispositivo mecánico en la corriente del flujo, causando así la pérdida de energía.

#### **3.1.1.4 Tipo de Indicación**

Los factores a considerar en la elección del tipo de indicación de flujo depende de si se desea de sensibilidad remota o grabación, si va a operar un actuador automático a la salida, si un operador necesita supervisar la salida o si existen condiciones ambientales severas.

---

<sup>9</sup> MOTT, Robert L. Mecánica de Fluidos, Editorial PEARSON Educación; sexta edición, México 2006.

### **3.1.1.5 Tipo de Fluido**

El funcionamiento de algunos medidores de fluido se encuentra afectado por las propiedades y condiciones del fluido. Una consideración básica es si el fluido es un líquido o un gas. Otros factores que pueden ser importantes son la viscosidad, la temperatura, la corrosión, la conductividad eléctrica, la claridad óptica, las propiedades de lubricación y de homogeneidad. Los lodos y fluidos de fases múltiples requieren medidores especiales.

### **3.1.1.6 Calibración**

Se requiere de calibración en algunos tipos de flujómetros. Algunos fabricantes proporcionan una calibración en forma de una gráfica o esquema del flujo real versus indicación de la lectura. Algunos están equipados para hacer la lectura en forma directa con escalas calibradas en las unidades de flujo que se deseen. En el caso del tipo más básico de medidores, tales como los de cabeza variable, se han determinado formas geométricas y dimensiones estándar para las que se encuentran datos empíricos disponibles. Estos datos relacionan el flujo con una variable de fácil medición, tal como una diferencia de presión o un nivel de fluido.

Si el usuario del dispositivo requiere de calibración, puede utilizar otro medidor de precisión como un estándar contra el cual se puede comparar la lectura del medidor de prueba. Por el contrario, puede llevarse a cabo la calibración primaria ajustando el flujo a una velocidad constante a través del medidor y después reunir la salida durante un intervalo fijo de tiempo. El fluido así colectado puede ser pesado para una calibración de peso por unidad de tiempo, o su volumen puede medirse para una calibración de velocidad de flujo de volumen.

### **3.1.1.7 Presupuesto**

Dentro de este criterio no debe considerarse solo el costo del instrumento, también hay que tomar en cuenta los siguientes parámetros.

- Costo del instrumento en sí
- Costo de la energía necesaria para operarlo
- Costo de la instalación (adaptación de sistemas de control, paneles, etc.)
- Costo de mantenimiento
- Costo de la instrumentación asociada

- Costo de mano de obra calificada

### 3.1.2 MEDIDORES DE CARGA VARIABLE

El principio fundamental en el que se basan los medidores de carga variable es el siguiente: cuando se restringe una corriente de fluido, su presión disminuye en una cantidad que depende del flujo volumétrico a través de la restricción. Por lo tanto la diferencia de presión entre los puntos antes y después de la restricción se utiliza para indicar el flujo volumétrico. Los tipos más comunes de medidores de carga variable son el tubo venturi, la boquilla de flujo, el orificio.

#### 3.1.2.1 Tubo venturi

En las figuras 3.1 y 3.3 se muestra el aspecto básico del tubo venturi. El flujo que viene de la tubería principal en la sección 1 se hace acelerar a través de la sección estrecha llamada garganta, donde disminuye la presión del fluido. Después se expande el flujo a través de una porción divergente que alcanza el mismo diámetro de la tubería principal. Se coloca tomas de presión en la pared del tubo de la sección 1 y en la pared de la garganta, sección 2. Estas tomas de presión se conectan a ambos lados de un manómetro diferencial.

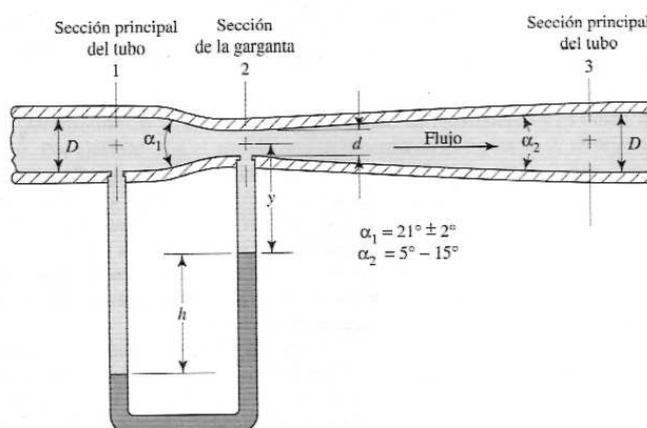


Fig. 3.1 Tubo venturi.  
(Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)

Empleando la ecuación de la energía y la de continuidad se obtiene la relación con que se calcula el flujo volumétrico. Con los puntos 1 y 2 como puntos de referencia, se escriben las ecuaciones siguientes:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (3-1)$$

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (3-2)$$

Estas ecuaciones solo son validas para fluidos incompresibles, es decir, líquidos. En el flujo de gases se debe tomar en cuenta la variación de peso específico con el cambio de presión.

La simplificación algebraica de las ecuaciones (3-1) y (3-2) es:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) - h_L$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2g \left[ \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) - h_L \right]$$

Pero  $v_2^2 = v_1^2 \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2$ . Entonces, se tiene:

$$v_1^2 \left[ \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right] = 2g \left[ \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) - h_L \right]$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2g \left[ \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) - h_L \right]}{\left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1}} \quad (3-3)$$

En este momento se puede hacer dos simplificaciones. En primer lugar, es común que el tubo venturi se instale en posición horizontal, por lo que la diferencia de elevación  $z_1 - z_2$  es igual a cero. Si hay una diferencia significativa de elevación cuando se instale el dispositivo con cierto ángulo respecto de la vertical, debe incluirse en el cálculo. En segundo lugar, el término  $h_L$  es la pérdida de energía del fluido conforme pasa de la sección 1 a la 2. El valor de  $h_L$  debe determinarse en forma experimental. Pero es más conveniente modificar la ecuación (3-3) eliminando  $h_L$  e introduciendo un coeficiente de descarga C:

$$V_1 = C \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)/\gamma}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \quad (3-4)$$

$$Q = CA_1 \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)/\gamma}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \quad (3-5)$$

El valor del coeficiente C depende del número de Reynolds del flujo y de la geometría real del medidor. La siguiente figura muestra una curva típica de C Vs número de Reynolds en la tubería principal.

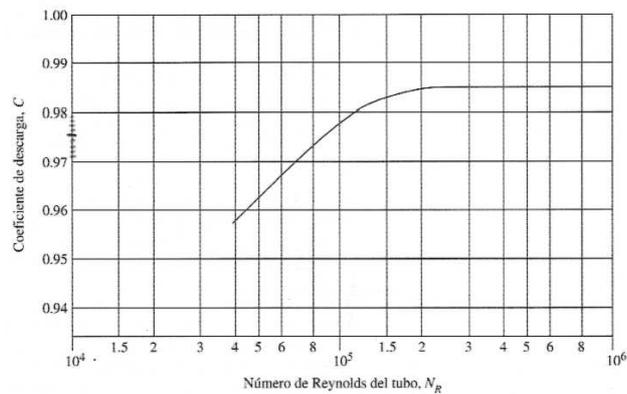


Fig. 3.2 Coeficiente de descarga para un tubo venturi fundido y rugoso.  
(Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)



Fig. 3.3 Ejemplo de tubo venturi.  
(www.wyattflow.com)

### 3.1.2.2 Boquilla de flujo

La boquilla de flujo es una contracción gradual de la corriente de flujo seguida de una sección cilíndrica, recta y corta, como se ilustra en la figura 3.4.

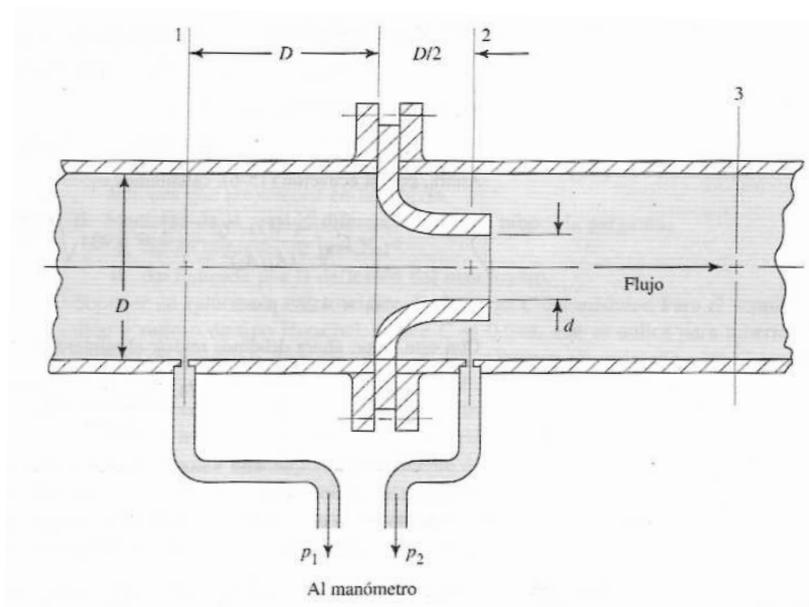


Fig. 3.4 Boquilla de flujo.

(Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)

Organizaciones como la American Society of Mechanical Engineers (ASME) y la International Organization for Standardization, han presentado y adoptado varias geometrías estándar de boquillas de flujo.

Las ecuaciones (3-4) y (3-5) se utiliza para la boquilla de flujo y el orificio, así como para el tubo venturi. Debido a la contracción gradual y lisa, en una boquilla de flujo hay muy poca pérdida de energía entre los puntos 1 y 2. Para números de Reynolds grandes,  $C$  esta por arriba de 0,99. Para números de Reynolds pequeños, la expansión súbita fuera de la garganta de la boquilla ocasiona pérdidas grandes de energía y un valor pequeño de  $C$ .

Con el medidor de este tipo (Fig. 3.5) se logran mediciones mucho más exactas. Además es útil para fluidos con muchas partículas en suspensión o sedimentos, su forma hidrodinámica evita que sedimentos transportados por el fluido queden adheridos a la tobera.



Fig.3.5 Ejemplo de boquilla de flujo.  
(www.wyattflow.com)

### 3.1.2.3 Placa Orificio

Una placa plana con un agujero de bordes afilados y un maquinado con precisión (Fig. 3.7), recibe el nombre de orificio. Cuando se coloca en forma concéntrica dentro de un tubo, según se ilustra en la figura 3.6, hace que el flujo se contraiga de modo repentino conforme se acerca al orificio, y después que se expanda al regresar a todo el diámetro del tubo. La corriente que pasa a través del orificio forma una vena contracta y la velocidad rápida del flujo origina una disminución de la presión corriente abajo del orificio. Tomas de presión que están antes y después del orificio (secciones 1 y 2), permiten la medición de la presión diferencial a través del instrumento, la cual se relaciona con el flujo volumétrico por medio de la ecuación (3-5)

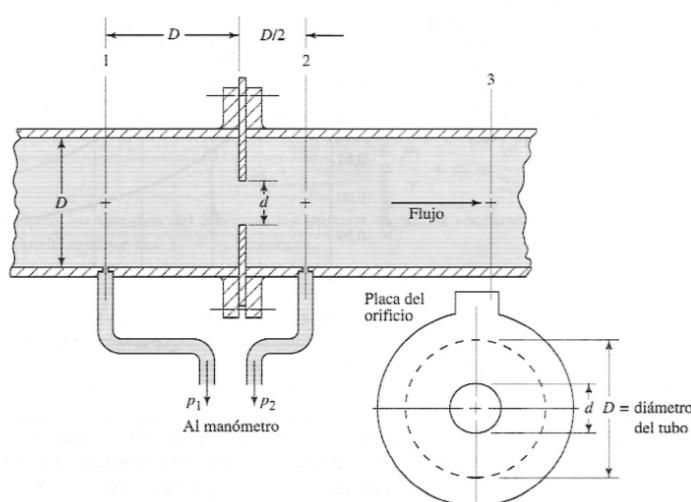


Fig. 3.6 Esquema de la instalación del orificio.  
(Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)

La gran ventaja de la placa de orificio en comparación con los otros elementos primarios de medición, es que debido a la pequeña cantidad de material y al tiempo relativamente corto de maquinado que se requiere en su manufactura, su costo llega a ser comparativamente bajo, aparte de que es fácilmente reproducible, fácil de instalar y desmontar y de que se consigue con ella un alto grado de exactitud.

El uso de la placa de orificio es inadecuado en la medición de fluidos con sólidos en suspensión pues estas partículas se pueden acumular en la entrada de la placa.



Fig. 3.7 Ejemplo de placa orificio  
([www.wyattflow.com](http://www.wyattflow.com))

### 3.1.3 MEDIDORES DE ÁREA VARIABLE.

El rotámetro es un tipo común de medidor de área variable. La figura 3.8 muestra una geometría común. El fluido se mueve hacia arriba, a través de un tubo libre que tiene un medidor exacto en su interior. Se suspende un flotador en el fluido en posición proporcional al flujo volumétrico. Las fuerzas hacia arriba, debido al arrastre dinámico del fluido sobre el flotador, y la flotabilidad, balancean con exactitud el peso del flotador. Un flujo volumétrico diferente ocasiona que éste se mueva a una posición nueva, lo que cambia el área libre entre el flotador y el tubo hasta que el equilibrio se alcanza otra vez. La posición del flotador se mide en una

escala graduada en las unidades convenientes de flujo volumétrico o de flujo en peso.



Fig. 3.8 Rotámetro.  
(www.omega.com)

El uso del rotámetro que se ilustra en la figura 3.8 requiere que el fluido sea transparente, porque el operador debe ver la posición del flotador. Además, el tubo transparente está limitado en cuando a capacidad de presión que puede soportar. Algunos rotámetros están hechos de tubos opacos para soportar presiones mayores. La posición del flotador se detecta desde el exterior del tubo por medios electromagnéticos y el flujo volumétrico se indica en un medidor.

### 3.1.4 MEDIDORES DE FLUJO DE TURBINA

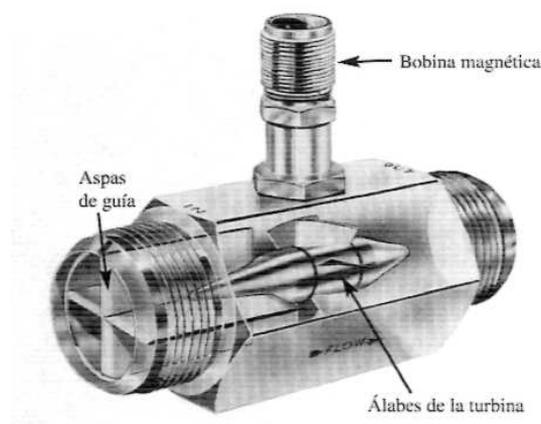


Fig. 3.9 Medidor de flujo de turbina.  
(Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)

Las figuras 3.9 y 3.10 muestran medidores de flujo de turbina donde el fluido hace que el rotor de la turbina gire a una velocidad que depende del flujo volumétrico. Cuando cada alabe del rotor pasa por una bobina magnética, se genera un pulso de voltaje que entra a un medidor de frecuencia, un contador electrónico, o algún dispositivo similar cuyas lecturas se convierten a flujo volumétrico. Las tasas de flujo que puede medirse con medidores de flujo de turbina de distintos tamaños, varían de algo tan bajo como 0.02 L/min. A varios miles de L/min.



Fig. 3.10 Ejemplo de flujómetros de turbina  
([www.dwyer-inst.com](http://www.dwyer-inst.com))

### 3.1.5 MEDIDORES DE FLUJO DE VÓRTICE

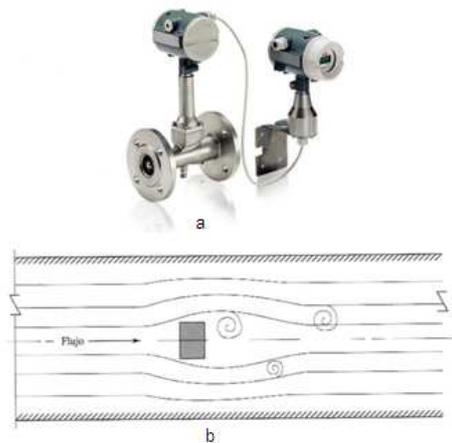


Fig. 3.11 Medidor de flujo de vórtice  
([www.abb.com](http://www.abb.com)), (Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)

La figura 3.11 ilustra un medidor de flujo de vórtice, donde se coloca un cuerpo que obstruye la corriente y hace que se formen vórtices y se aleje del cuerpo con una frecuencia que es proporcional a la velocidad del flujo. Un sensor en el medidor de flujo detecta los vórtices y genera una señal para el dispositivo de lectura del medidor.

La parte (b) de la figura 3.11 muestra un esquema del fenómeno de vórtice alejamiento. La forma del cuerpo obstructor, también llamado elemento de alejamiento del vórtice, varía de un fabricante a otro. Conforme el flujo se aproxima a la cara frontal del elemento obstructor, se bifurca en dos corrientes. El fluido cerca del cuerpo tiene una velocidad baja, en relación con la de las líneas de corriente principales. La diferencia de velocidades ocasiona que se formen capas de tensión que eventualmente rompen en vórtices en forma alternativa sobre los dos lados del elemento obstructor. La frecuencia de los vórtices que se crea es directamente proporcional a la velocidad del flujo y, por tanto, al flujo volumétrico. En el medidor hay sensores que detectan las variaciones de presión alrededor de los vórtices, y generan una señal de voltaje que alterna a la misma frecuencia que la del alejamiento del vórtice. La señal de salida es una corriente de pulsos de voltaje o una señal analógica de DC (corriente directa). Es frecuente que los sistemas estandarizados de instrumentación utilicen una señal analógica que varía de 4 a 20 mA DC (miliamperios de DC). Para la salida del pulso, el fabricante suministra un factor K del medidor de flujo, que indica los pulsos por unidad de volumen que pasa a través del medidor.

Los medidores de vórtice se emplean en un rango amplio de fluidos, inclusive líquidos limpios y sucios, gases y vapor. El factor K es el mismo para todos estos fluidos.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> MOTT, Robert L. Mecánica de Fluidos, Editorial PEARSON Educación; sexta edición, México 2006.

### 3.1.6 MEDIDORES DE FLUJO MAGNÉTICO



Fig. 3.12 Medidor de flujo magnético  
([www.abb.com](http://www.abb.com)), ([www.instrumart.com](http://www.instrumart.com))

Una de las ventajas del medidor de flujo magnético, como los de la figura 3.12, es el flujo sin ninguna obstrucción. El fluido debe tener cierta conductividad, ya que el medidor opera con el principio siguiente: cuando un conductor móvil atraviesa un campo magnético, se induce un voltaje. Los componentes principales del medidor de flujo magnético incluyen un tubo alineado con un material no conductor, dos bobinas electromagnéticas y dos electrodos montados y separados  $180^\circ$  de la pared del tubo. Los electrodos detectan el voltaje que se genera en el fluido. Como el voltaje generado es directamente proporcional a la velocidad del fluido, un flujo volumétrico mayor genera un voltaje más elevado. Una característica importante de este tipo de medidor es que su salida es independiente por completo de la temperatura, la viscosidad, la gravedad específica y la turbulencia. Están disponibles en tubos de 2.5 mm a 2.4 m (0.1 pulgadas a 8.0 pies) de diámetro

### 3.1.7 MEDIDORES DE FLUJO ULTRASÓNICOS



Fig. 3.13 Medidor ultrasónico de flujo  
([www.dynasonics.com](http://www.dynasonics.com))

Una ventaja grande de un medidor de flujo ultrasónico (Fig. 3.13) es que no es necesario entrar al tubo de ninguna manera. Se adjunta un generador ultrasónico al exterior del tubo y se trasmite una señal de alta frecuencia a través de la pared y de la corriente de flujo, por lo común con un ángulo agudo respecto del eje de la tubería. El tiempo que toma a la señal atravesar la tubería depende de la velocidad del fluido que circula por él. Algunos medidores que hay comercialmente utilizan detectores en el lado opuesto del transmisor, mientras que otros emplean reflectores que devuelven la señal a un receptor construido en el transmisor.

Otro enfoque consiste en utilizar dos unidades de transmisor/receptor alineadas con el eje de la tubería. Cada una envía una señal con un ángulo hacia el flujo, que se refleja en el lado opuesto de la tubería y es recibida en la otra. Para alcanzar al receptor, a la señal que se dirige en la misma dirección del flujo le toma un tiempo distinto del de la señal que va en oposición al flujo. La diferencia entre estos dos tiempos es proporcional a la velocidad del flujo.

Para los transmisores, reflectores y receptores de la señal se emplea una variedad de orientaciones. La mayoría usará dos conjuntos para reducir la sensibilidad del medidor al perfil de velocidad de la corriente de flujo del fluido.

Los medidores del tiempo de tránsito funcionan mejor con fluidos limpios, porque las partículas contenidas en los fluidos sucios afectan las lecturas de tiempo y la fuerza de la señal que llega a los detectores.

Un segundo tipo de instrumento, llamado medidor de tipo Doppler, tiene preferencia para fluidos sucios, como el fango y otros, que inhiben la transmisión de la señal ultrasónica. La onda de presión ultrasónica no atraviesa por completo la pared opuesta de la tubería. En vez de ello, se refleja en las partículas que hay en el fluido y regresa al receptor.

Debido a que los medidores de flujo ultrasónicos son no invasivos en absoluto, la pérdida de presión se debe sólo a la fricción que hay en la tubería. El medidor no contribuye con pérdidas adicionales.

### 3.1.8 MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

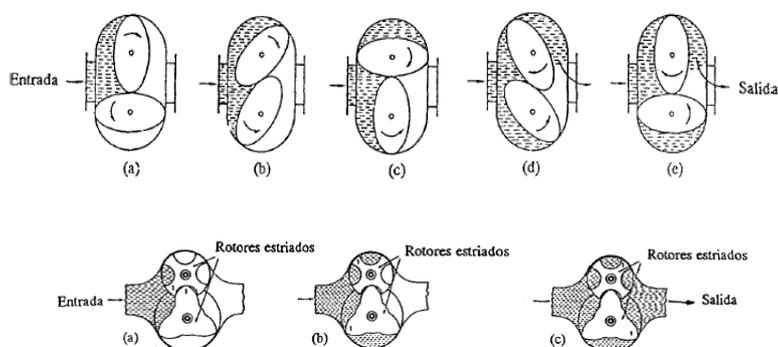


Fig.3.14 Funcionamiento del medidor de desplazamiento positivo  
(<http://prof.usb.ve/srevolla/Archivos/Instru/Medidores%20de%20flujo.ppt>)

El fluido que ingresa a un medidor de desplazamiento positivo llena una cámara que se mueve del lado de entrada al de salida del instrumento (Fig. 3.14). El medidor registra o indica el volumen acumulado de fluido que ha pasado a través de él. Las cámaras adoptan muchas formas, y es frecuente que sean propiedad de un fabricante dado. Los medidores de gas en los hogares, emplean diafragmas flexibles que capturan en forma continua y después llevan volúmenes conocidos del gas natural a presión baja.

Los usos comunes de los medidores de desplazamiento positivo son la distribución de agua de los sistemas municipales a los hogares o negocios, el gas natural que se entrega a los consumidores y la gasolina que se vende en las estaciones de servicio. También se emplean en ciertas aplicaciones industriales, donde se requiere que mezclas de materiales tengan un volumen establecido de componentes distintos.

Otros diseños incluyen engranes circulares de acoplamiento, engranes ovales de acoplamiento, rotores lobulados, pistones recíprocos de movimiento lineal y discos rotatorios. El diseño del disco rotatorio incorpora un disco delgado montado con un ángulo sobre un eje. El ajuste apretado sella al disco contra la carcasa. Conforme el fluido pasa a través de ésta, induce una rotación del eje, y un volumen conocido pasa con cada revolución. Un contador o lector acumula el

número de revoluciones por tiempo, que se reporta en alguna forma conveniente de unidades de flujo.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo comercial de medidor de desplazamiento positivo



Fig. 3.15 Ejemplo de flujómetros de desplazamiento positivo  
(www.instrumart.com)

### 3.1.9 MEDIDORES DE FLUJO MÁSSICO

Los medidores de flujo que se ha estudiado hasta este momento, están diseñados para producir una señal de salida que es proporcional a la velocidad promedio de flujo o del flujo volumétrico. Esto es satisfactorio sólo si se necesita el volumen distribuido a través del medidor. Sin embargo, ciertos procesos requieren una medición de la masa del fluido que se envía. Por ejemplo, en las plantas de procesamiento de alimentos es frecuente que la producción se indique como la cantidad enviada en kilogramos, libras masa o slugs. Algunos procesos químicos son sensibles a la masa de los constituyentes distintos que se mezclan, o que se introducen a una reacción. Los fluidos en dos fases, como el vapor, son difíciles de medir con exactitud, si la temperatura y presión varían lo suficiente como para causar cambios significativos en la cantidad de líquido y vapor presentes.

Una manera de hacer mediciones del flujo másico, es emplear un medidor de flujo como el que se acaba de describir, que indica el flujo volumétrico, y que en forma simultánea mida la densidad del fluido. Entonces, el flujo másico sería

$$M = \rho Q \quad (3-1)$$

Es decir, el flujo másico es igual a la densidad por el flujo volumétrico. Si se conoce la densidad del fluido o puede medirse en forma conveniente, éste será un cálculo sencillo. Para ciertos fluidos, es posible calcular la densidad si se conoce su temperatura. A veces en particular con gases, también se necesita la presión. Es fácil conseguir sondas de temperatura y transductores de presión que proporcionen los datos necesarios. La gravedad específica de ciertos fluidos se mide en forma directa con un densitómetro. Las señales que se relacionan con el flujo volumétrico, temperatura, presión, gravedad específica y densidad, se introducen en dispositivos electrónicos especiales que realizan el cálculo de  $M = \rho Q$  con eficiencia. Esto se muestra en forma esquemática en la figura 3.16 este proceso, aunque directo, requiere varias mediciones por separado cada una de las cuales está sujeta a errores pequeños. Por esto, los errores se acumulan en el cálculo final.

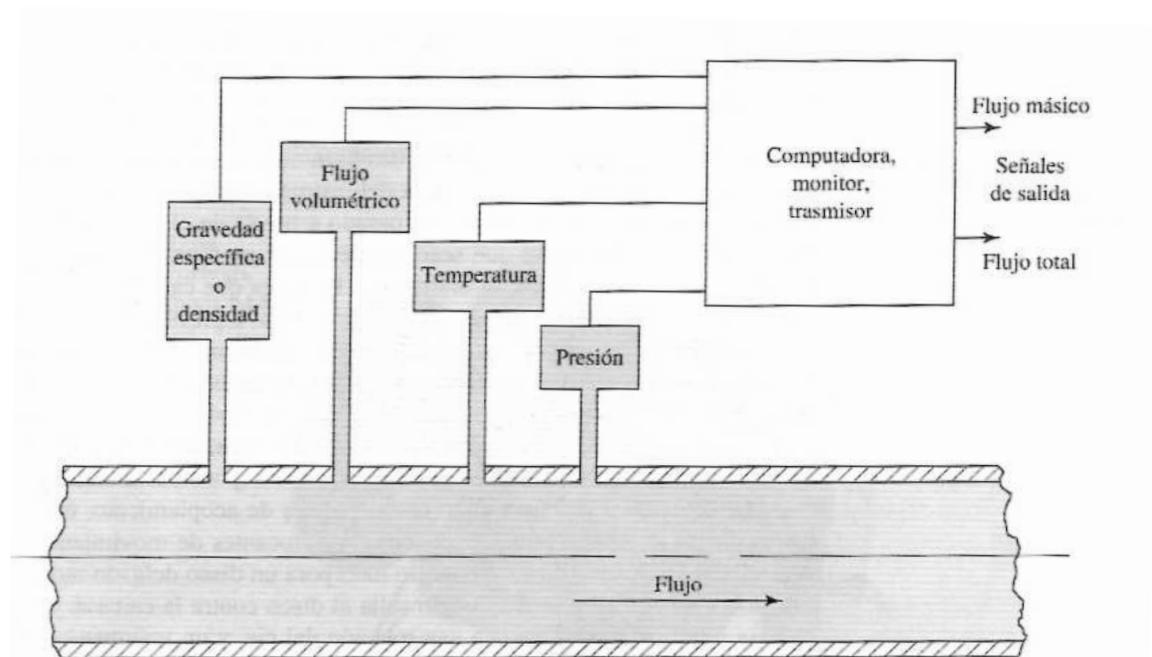


Fig. 3.16 Representación esquemática de la medición del flujo másico por medio de sensores múltiples

(Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)

Los medidores de masa verdaderos evitan que se presenten los problemas antes analizados, al generar una señal directamente proporcional al flujo másico. Uno de dichos medidores se llama tubo de flujo másico de coriolis y se muestra en la figura 3.17 y 3.18.

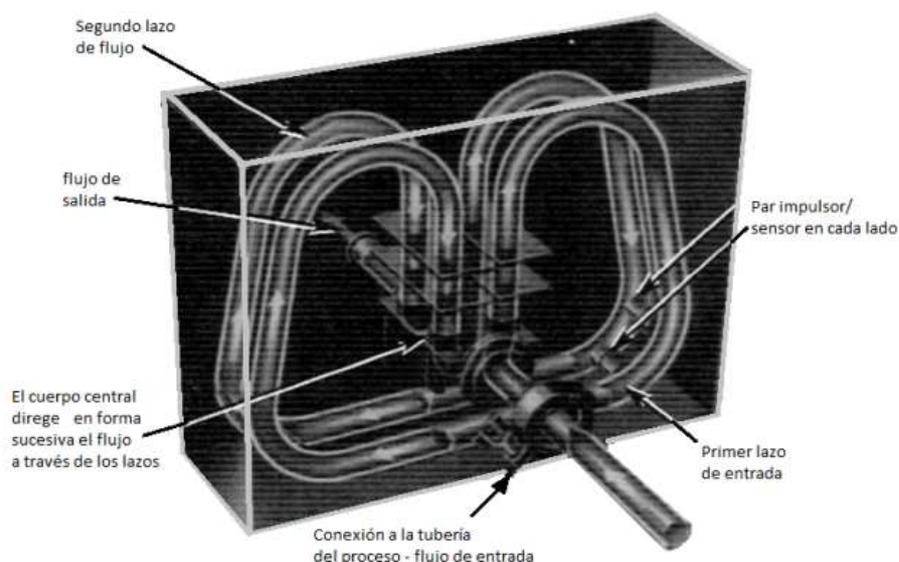


Fig. 3.17 Tubo de flujo másico de coriolis  
(Mott R, Mecánica de fluidos, 2006)

El fluido ingresa al medidor de flujo desde el tubo del proceso y se dirige por una trayectoria continua del mismo tamaño que dirige el fluido primero a través de un lazo, luego a un cuerpo central, después a un segundo lazo y por último hacia fuera, por el tubo de salida. Dos impulsores electromagnéticos hacen puente con ambos lazos en los extremos opuestos, equidistantes del centro. El movimiento vibratorio que se genera mueve los dos lazos paralelos en forma alternada, uno en dirección del otro y después los aleja. El fluido en los tubos sigue en forma simultánea la trayectoria de los lazos, y se mueve de manera perpendicular a ella, debido a la acción de los impulsores. Se produce una aceleración de Coriolis (y una fuerza de Coriolis correspondiente) que es proporcional a la masa de fluido que pasa por los tubos. Los sensores que están montados cerca de los impulsores detectan la fuerza de Coriolis y transmiten una señal que se relaciona con el flujo másico verdadero que pasa a través del medidor. Se reporta una exactitud de 0.2% del flujo indicado, o bien 0.02% de la capacidad de la escala completa, que es aún mayor.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> MOTT, Robert L. Mecánica de Fluidos, Editorial PEARSON Educación; sexta edición, México 2006.



Fig. 3.18 Ejemplo de flujómetro de coriolis.  
([www.brooksinstrument.com](http://www.brooksinstrument.com))

La densidad del fluido también puede medirse con el tubo de flujo másico de Coriolis, porque la frecuencia de impulso de los tubos depende de la densidad del fluido que pasa por ellos. En el sistema también se incluye una sonda para la temperatura, lo que completa un conjunto exhaustivo de propiedades del fluido y datos del flujo másico.

Otra forma de medidor de flujo de masa emplea una técnica térmica, que permite que se inserten en el flujo dos sondas, llamadas detectores de temperatura por resistencia (RTDs). Una sonda mide la temperatura de la corriente, como referencia. La otra se calienta a la temperatura establecida, por arriba de la temperatura de referencia, y circuitos electrónicos (una forma del puente de Wheatstone) ajustan en forma continua la energía de esta sonda para mantener la diferencia de temperatura establecida. Un flujo másico alrededor de la sonda ocasiona que se disipe más calor de la sonda caliente lo que requiere mayor energía. Por tanto, existe una relación predecible entre el flujo másico y la entrada de potencia a las sondas. Un sistema de procesamiento de señales en el control hace lineal el voltaje de salida con respecto al flujo másico. Estos dispositivos miden el flujo másico de muchas clases de gases, como el aire, gas natural, propano, dióxido de carbono, helio, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno.

### 3.2 SELECCIÓN DE FLUJÓMETROS

Para la adquisición de los flujómetros que se instalaron en los motores de ciclo

Otto, se elaboró una tabla de criterios de selección que se muestra en la parte inferior la cual sirvió para compararlos con las características de hojas técnicas de varios instrumentos, uno de los criterios más exigentes en el momento de selección fue el rango de medida de los mismos ya que es demasiado bajo como para encontrarlos con facilidad, a parte se debía tener en cuenta que los dispositivos sean antiexplosivos por el tipo de uso que se les daría; con todas estas características los flujómetros seleccionados fueron los BIOTECH de procedencia Alemana y de los modelos 97478054-FCH-m-Pom y 97478122\_FCH-m-Pom. Para la visualización de flujo se adquirieron adicionalmente displays de la misma empresa cuyos modelos son ARS260 y ARS261, los cuales se detallan más adelante.

<b>CRITERIO DE SELECCIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Rango de flujo	Entre 30 ml/min hasta 2 l/min.
Tipo de fluido	Gasolina
Tipo de señal de salida	Compatible con plc
Precio	Moderado
Sensibilidad	0.0001

Tabla 3.1 Criterios de selección.

### **3.2.1 FLUJÓMETROS BIOTECH**

Los flujómetros importados (Figuras.3.19 y 3.20) fueron los más acertados dentro de nuestros criterios ya que en el mercado nacional no fue posible adquirir flujómetros de acuerdo con nuestras necesidades y los pocos que se encontraron tenían un precio demasiado elevado ó con una tecnología incompatible.

Dentro de las ventajas y desventajas que se puede anotar de estos flujómetros

son:

Ventajas:

- Es lineal sobre un muy amplio rango de caudales.
- Rápida respuesta y excelente repetitividad.
- Fácil interface a sistemas de computación.
- Operación sobre un muy amplio rango de temperaturas y presiones.

Desventajas:

- Al tener piezas móviles, el desgaste suele ser el problema principal de la turbina.
- Requiere que el flujo a medir sea limpio.
- Alto costo de mantenimiento.
- No es utilizable en fluidos de alta viscosidad.

### 3.2.1.1 Flujómetro 97478054-FCH-m-Pom



Fig. 3.19 Flujómetro 97478054  
([www.btflowmeter.com](http://www.btflowmeter.com))

Estos instrumentos poseen las siguientes características.

Tipo de medidor:	Turbina.
Principio de funcionamiento del sensor:	Efecto Hall.
Rango de medición de flujo:	0,05 – 7,5 L/ min.
Salida:	950 pulsos/litro.

Precisión:	+/- 2%.
Alimentación:	5-24 VDC/15 mA.

La hoja técnica de este flujómetro se encuentra en el anexo 2.

### 3.2.1.2 Flujómetro 97478122\_FCH-m-Pom



Fig. 3.20 Flujómetro 97478122  
([www.btflowmeter.com](http://www.btflowmeter.com))

Estos instrumentos poseen las siguientes características.

Tipo de medidor:	Turbina.
Principio de funcionamiento del sensor:	Efecto Hall.
Rango de medición de flujo:	0,03 – 2,0 L/ min.
Salida:	18000 pulsos/litro.
Precisión:	+/- 2%.
Alimentación:	5-24 VDC/15 mA.

La hoja técnica de este flujómetro se encuentra en el anexo 3.

### 3.2.2 DISPLAYS BIOTECH

Como se menciona anteriormente los displays (Figuras 3.21 y 3.32) son los dispositivos complementarios que permiten la visualización de los datos.

Se adquirieron 2 tipos de displays, que a continuación se detallan:

### 3.2.2.1 Display Totalizador ARS260



Fig. 3.21 Display totalizador

Las características que poseen estos instrumentos son:

Pantalla de display con lectura de 8 dígitos.

Batería interna de litio recargable

Alimentación externa de voltaje de 24 VDC.

Entradas:

El Contador en las entradas A y B admite un Voltaje máximo de +/-30 VDC

Y una frecuencia entre 30 Hz hasta 10 Khz.

Funciones:

Este contador tiene 2 opciones de lectura, en caudal (canal A) y en pulsos (canal B). Y puede ser utilizado con la las 2 opciones a la vez cuando se conecta la misma señal en las 2 entradas y con el botón S/E se puede seleccionar cualquiera de las 2 mientras se ejecuta el proceso de conteo.

El contador en la entrada A muestra el flujo instantáneo mientras que la entrada B totaliza los pulsos, los mismos que se pueden transformar a volumen de fluido con la constante del flujómetro de pulsos /litro.

La luz de fondo se activa al conectar una fuente externa de 24 VDC aliviando así a la batería interna. En la siguiente figura se indica la configuración de los 6 terminales del dispositivo y la correcta forma de conexión con la fuente externa.

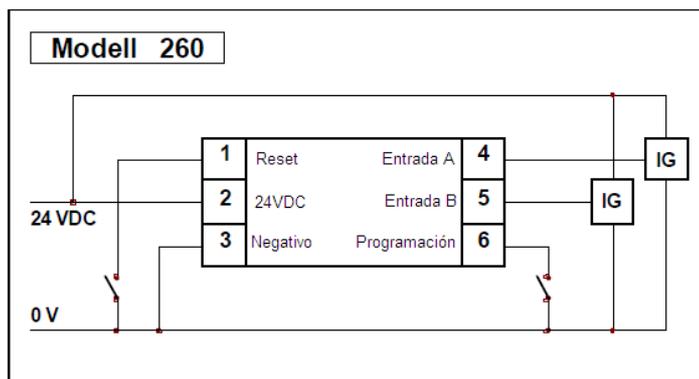


Fig. 3.22 Configuración de terminales del display  
(www.btflowmeter.com)

### 3.2.2.1.1 Programación.

El display puede ser programado solamente cuando se conecta el terminal 6 a 0 V cuando esto ocurre la pantalla muestra Rate.



Fig. 3.23 Display en Rate

Al presionar consecutivamente el botón S/E se puede observar los siguientes menús individuales.

- **Unit,-** En este menú se puede escoger la unidad de flujo que más convenga entre l/m, l/s, l/h, gl/min, etc.



Fig. 3.24 Display mostrando las unidades

- **Accur.-** Es la precisión la misma que se puede escoger entre 0.1%, 1% o 10% para un mínimo de 4, 3, o 2 dígitos respectivamente.



Fig. 3.25 Display mostrando la precisión

- **SPC.-** Es la opción en la que se introduce la constante de pulsos por litro, la misma que depende del flujómetro utilizado.



Fig. 3.26 Display con menú Sensor de Pulsos Constante

- **SF.-** Es el factor de escala que sirve para la calibración del contador dependiendo de las condiciones en que este trabajando, y es posible asignar un factor de escala tanto para el canal A como para el B.

Los valores que se pueden asignar están en el rango de 0.0001 hasta 99.9999.



Fig. 3.27 Display mostrando Factor de escala en CH A y B.

- **T-out.**- Es el tiempo en que permanece grabado en la pantalla el último caudal instantáneo registrado antes de que cese el caudal o la señal ha sido desconectada, el tiempo disponible es desde 1s hasta 99s.



Fig. 3.28 Display mostrando tiempo de visualización.

- **Speed.**- En este menú se puede escoger 2 opciones de velocidad de conteo High y Low las que se eligen dependiendo de los siguientes especificaciones técnicas.

High, para frecuencia máxima de 10Khz.

Low, para frecuencia máxima de 30 hz.



Fig. 3.29 Frecuencia de conteo en baja.

Este Display identifica al contador de pulsos como Channel B, esta configuración de fábrica no puede modificarse.



Fig. 3.30 Display en el canal B

- **Dp.**- Sirve para recorrer el punto decimal hasta 4 dígitos.

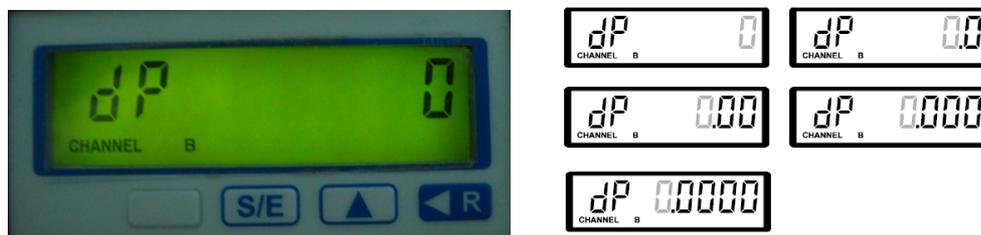


Fig. 3.31 Menú de punto decimal.

- **Res.**- Con esta opción se habilita o deshabilita el botón de reset del display, lo que a su vez permite poner a cero el conteo de pulsos.



Fig. 3.32 Opción de reseteo.

### 3.2.2.2 Display Restador ARS261

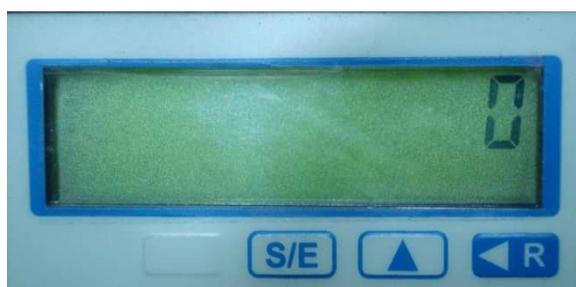


Fig. 3.32 Display diferencial.

Las características que posee este instrumento son:

Pantalla de display con lectura de 8 dígitos.

Batería interna de litio recargable

Alimentación externa de voltaje de 24 VDC.

Entradas:

El Contador en las entradas A y B admite un Voltaje máximo de +/-30 VDC

Y una frecuencia entre 30 Hz hasta 10 KHz.

La configuración de los terminales y la conexión a 24 voltios es la misma que la del Display totalizador mostrada en la figura 3.22.

Este dispositivo cuenta con 3 métodos de conteo que se pueden seleccionar dependiendo del proceso de conteo:

Add/Sub: Se restan las entradas, A menos B

AddAdd: Se suman las entradas A y B

Add/Dir: Se muestra solamente la entrada A y la entrada B le da la dirección de conteo si B esta desconectada + y si B esta a 0 V –

#### 3.2.2.2.1 Programación.

Para entrar en el menú de programación se debe conectar el terminal 6 a 0V

Al hacerlo en la pantalla se muestra la palabra Counter.

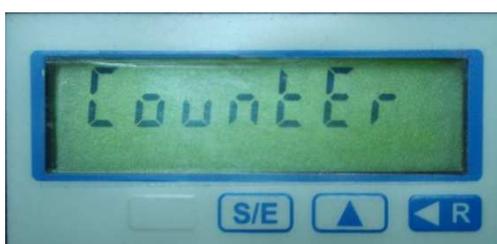


Fig. 3.33 Display en menú de programación

Para navegar por los ítems del menú se debe presionar repetidamente el botón S/E.

Así al presionar la primera vez la tecla S/E se muestra el menú modo de conteo en el que se escoge si las entradas se suman, restan ó se utilizara una sola entrada.



Fig. 3.34 Modos de conteo

La frecuencia de conteo se puede programar para frecuencia High y Slow en los modos de conteo Add/Sub y Add/Add y para Add/Dir solo en Slow.



Fig. 3.35 Frecuencia de conteo

Posee un factor de escala separado para A y B. Sin embargo para el método de conteo Add/dir solo puede programarse un solo factor de escala.



Fig. 3.36 Factor de escala.

El punto decimal es programable hasta 4 dígitos

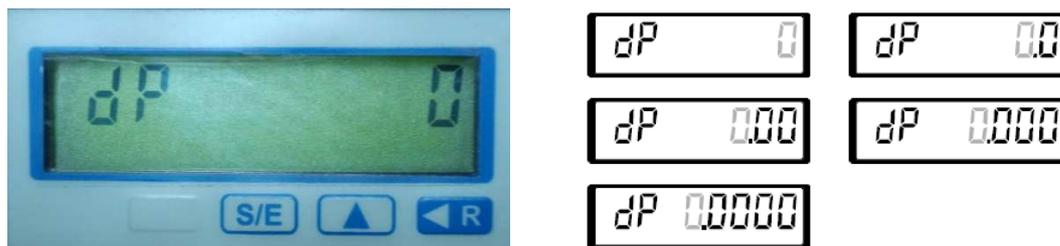


Fig. 3.37 Punto Decimal.

Con el menú de reseteo se puede habilitar o deshabilitar el botón R de la pantalla para restablecer a cero el conteo de pulsos, cuando se pone en deshabilitar el reset en la pantalla aparece TOTAL.



Fig. 3.38 Menú reset.

### 3.3 INSTALACIÓN DE LOS FLUJOMETROS

Para la instalación de los flujómetros, se realizaron estudios del lugar apropiado para los mismos, se adquirieron elementos y demás herramienta necesaria. Como muestra la figura 3.39.



#### ELEMENTOS ADQUIRIDOS

- Acoples hembra-macho para manguera.
- Abrazaderas
- Uniones
- Adaptadores
- Manguera, teflón.

Fig. 3.39 Fluómetros y elementos adicionales.

### 3.3.1 INSTALACIÓN DE FLUJÓMETROS EN EL BANCO DE MOTOR A CARBURACIÓN

Como se puede observar en la figura 3.40, el lugar de instalación de los flujómetros será después del filtro en la manguera de ida y a una distancia prudente en la cañería de retorno.



Fig. 3.40 Ubicación de los flujómetros.

Establecida la ubicación de los flujómetros, se instalan las cañerías adicionales en los mismos (Fig. 3.14).



Fig. 3.41 Instalación de cañerías adicionales.

Una vez preparada la conexión del flujómetro, se cortaron las mangueras de ida y de retorno de combustible (Fig. 3.42).

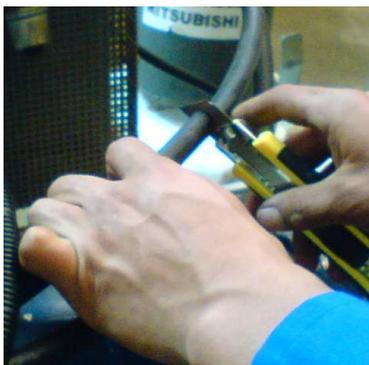


Fig. 3.42 Corte de cañerías.

Se colocaron los acoples (Fig. 3.43), de tal forma que si se desea trabajar en el banco sin los flujómetros la desinstalación de los mismos sea rápida y segura para no tener escape de fluido.

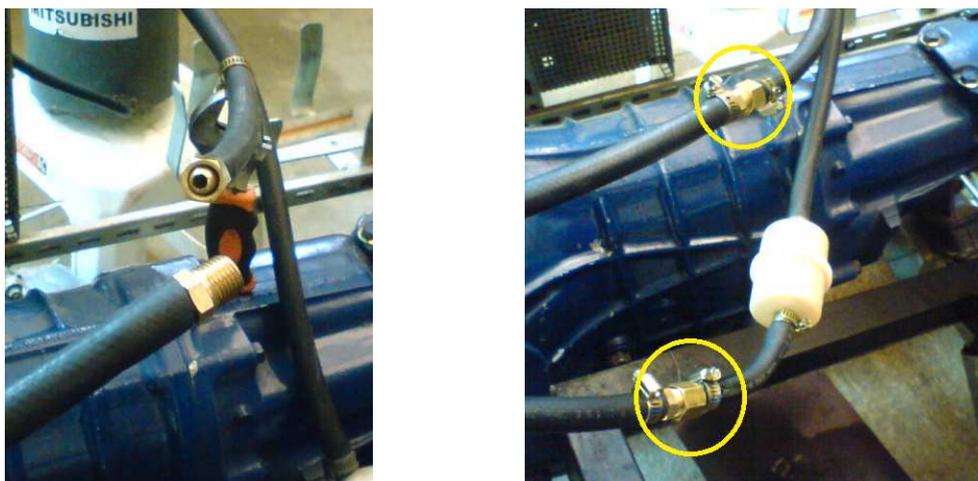


Fig. 3.43 Acoples rápidos en mangueras.

Se realizaron varias pruebas necesarias para verificar que no haya fuga de combustible, superada esta etapa se colocaron los flujómetros realizando la prueba anterior para comprobar que las conexiones, estén totalmente selladas (Fig. 3.44).



Fig. 3.44 Instalación de los flujómetros.

### 3.3.2 INSTALACIÓN DE FLUJÓMETROS EN EL BANCO DE MOTOR A INYECCIÓN

Para la instalación de los flujómetros en el motor de inyección (Fig. 3.45) se sigue el mismo patrón que en el de carburador, decidiendo la mejor ubicación, instalando acoples rápidos con el mismo fin de trabajar sin flujómetros, verificando que no exista escape de combustible con y sin flujómetros y colocando los displays para garantizar su correcto funcionamiento.



Fig. 3.45 Ubicación de flujómetros en el motor de inyección.

A diferencia del motor de carburación en éste motor no fue necesario cortar cañerías, tan solo colocar acoples que reemplacen un tramo de manguera como puede observarse en la figura. 3.46.

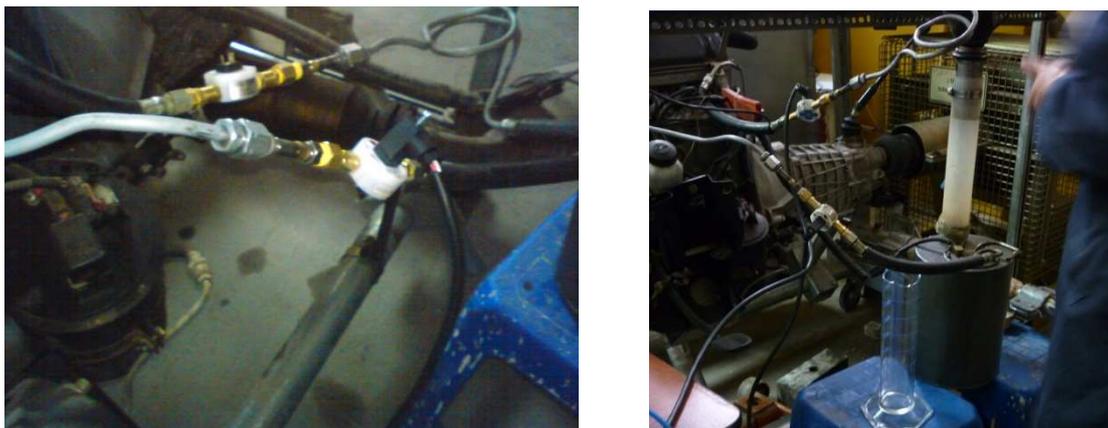


Fig. 3.46 Fluómetros instalados en el motor de inyección.

### 3.3.3 INSTALACIÓN DE LOS DISPLAYS EN LOS BANCOS DE MOTORES

Para la interconexión de los displays con los flujómetros se tomaron en cuenta las instrucciones de conexión de los manuales de los dispositivos las mismas que se detallan en la siguiente figura.

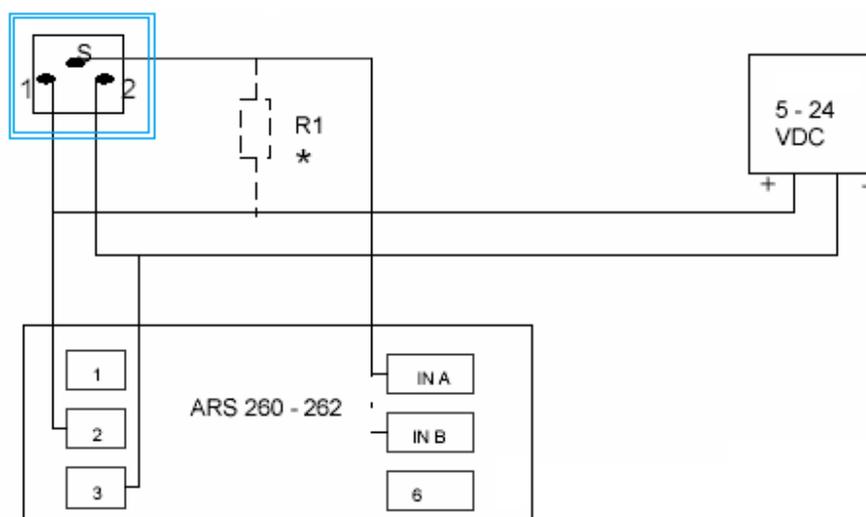


Fig. 3.47 Diagrama de interconexión de los instrumentos.  
([www.btflowmeter.com](http://www.btflowmeter.com))

En la figura anterior el cuadrado azul de la parte izquierda superior representa al flujómetro, el terminal 1 del flujómetro se conecta al 2 del display y estos 2 a su vez al terminal positivo de la fuente; el terminal 2 del flujómetro se conecta al 3

del display y a su vez con el negativo de la fuente; El terminal "S", (señal) se conecta a la entrada A o B del display pero se debe conectar una resistencia eléctrica de 1-2.5 kohm., entre la salida de la señal del flujómetro y el positivo de la fuente.

Se colocaron en los conectores de los flujómetros el cable (Figura 3.48) con una medida de aprox. 1,50 m. en cada flujómetro, para los contadores y el totalizador



Fig. 3.48 Conector instalado el cable.

Con los flujómetros instalados, se conectan los displays con ayuda de una fuente de 24 VDC - 2.5 A (Fig. 3.49), para verificar que éstos funcionen correctamente.



Fig.3 .49 Fuente Siemens de 24 VDC

Con el óptimo funcionamiento de los instrumentos se elaboraron unas cajas de madera (Fig. 3.50) para empotrar los displays (Fig. 3.51) y colocar switches para acceder más fácilmente al menú de programación, y para detener el paso de pulsos al contador (Fig. 3.55).



Fig. 3.50 Culminación de las cajas de madera.



Fig. 3.51 Displays empotrados

Se conectaron las cajas con los flujómetros y se realizaron algunas pruebas y ajustes adicionales (Fig. 3.52).

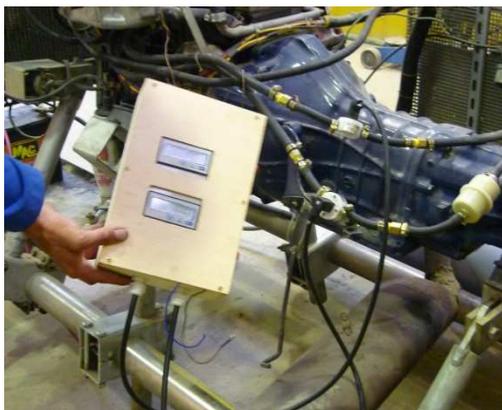


Fig. 3.52 Ajustes y pruebas de las cajas

Para colocarlas en el banco de pruebas se elaboraron soportes metálicos (Fig. 3.53) para cada caja y luego se pintaron las cajas y los soportes (Fig. 3.54).



Fig. 3.53 Elaboración de los soportes.



Fig. 3.54 Soportes y cajas.

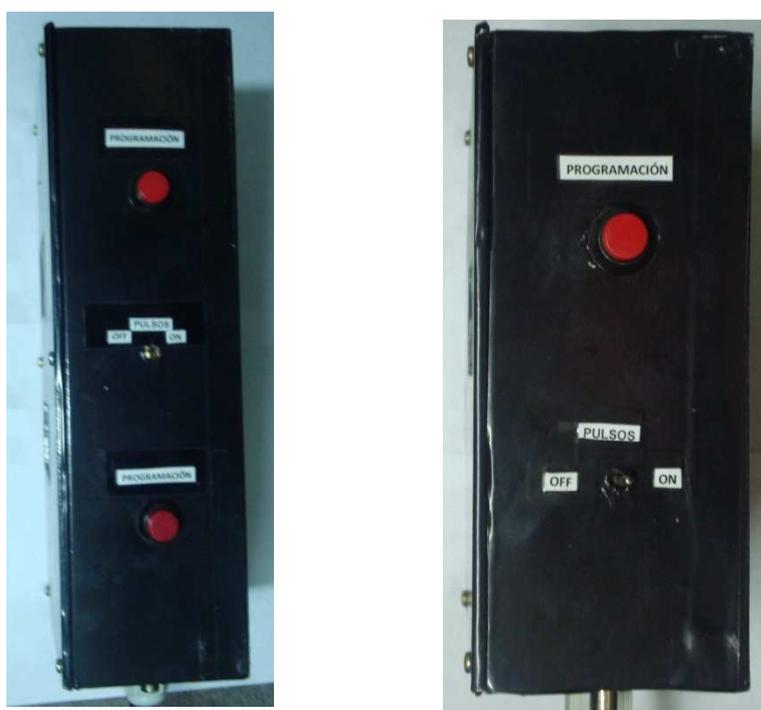


Fig. 3.55 Switches instalados.

Finalmente se colocaron los soportes en los motores del banco de pruebas y su ubicación actual es la que se muestra en las figuras 3.56 y 3.57.

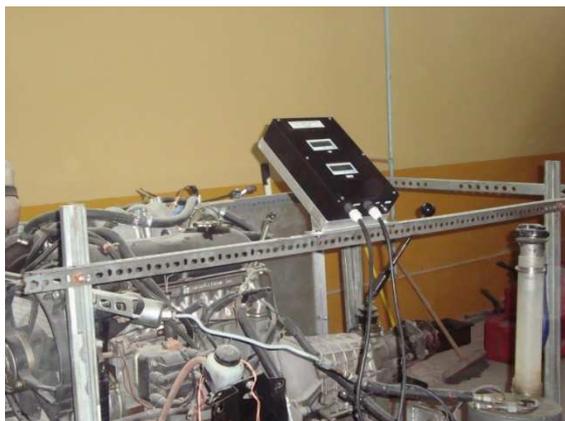


Fig. 3.56 Displays totalizadores instalados.



Fig. 3.57 Display restador instalado.

### **3.4 REUBICACIÓN DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE EN LOS MOTORES.**

Para realizar las pruebas es necesario conectar los motores con el dinamómetro, lo que implica movilizar a los motores con dificultad de desplazamiento de los tanques de combustible ya que no poseen un soporte para sujetarse en la estructura del banco como se puede apreciar en las figuras 3.58 y 3.59



Fig. 3.58 Tanque de combustible del motor lada.



Fig. 3.59 Tanque de de combustible del motor Mitsubishi.

Fue necesario analizar cuál sería la mejor ubicación para los tanques y elaborar soportes individuales que se acoplen a cada una de las estructuras de los motores para los 2 depósitos de combustible. (Fig. 3.60 y 3.61)

Teniendo precaución de no instalarlos muy próximos al tubo de escape ni a

partes que se mueven.



Fig. 3.60 Soporte del tanque de combustible Mitsubishi.



Fig. 3.61 Soporte del tanque de combustible Lada.

Además en el caso del motor de inyección se debía aumentar la longitud de la tubería para la nueva ubicación del tanque.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON EL BANCO INSTRUMENTADO.

El CCICEV disponía de un flujómetro digital (ver figura 4.1), el cual serviría para determinar el consumo de combustible. Una vez instalado dicho instrumento funcionó correctamente en el motor de inyección electrónica, pero no se obtuvo buenos resultados en el motor de carburación ya que la lectura del caudal resultaba muy baja para que sea detectado el combustible.

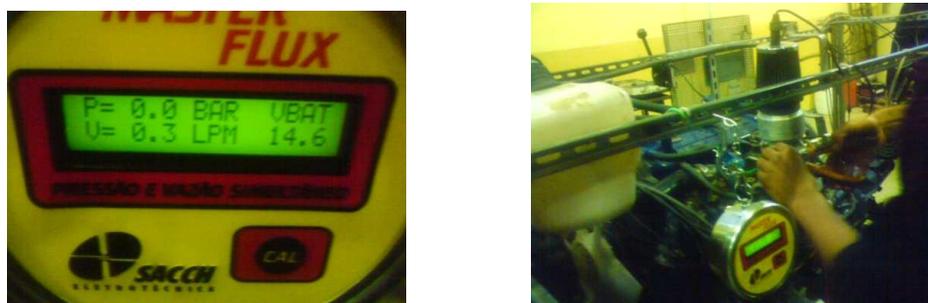


Fig. 4.1 Flujómetro Flux Máster

Por lo tanto se adquirieron flujómetros que cumplan con la medición requerida para ambos motores. Concluida la instrumentación, se empezó a realizar las pruebas sin carga en los motores, continuando con las pruebas con carga.

Para verificar la veracidad de los resultados, se realiza la prueba llamada “de retorno” ya que se basa en la cantidad de flujo que retorna al tanque de combustible, como puede observarse en el grafico 4.2.



Fig. 4.2 Realización de pruebas paralelas

Una vez instalados los flujómetros, para realizar la prueba se desconecta la cañería de retorno y se toma el tiempo en que se demora en llenar un volumen establecido de combustible, que en nuestro caso fue de 0,5 litros, en la probeta graduada, deteniendo los contadores al mismo tiempo en que la probeta alcanza el límite ya establecido.

Con los datos de volumen y tiempo se calcula el caudal de retorno experimental y se compara con el obtenido mediante la instrumentación.

Esta comparación sirvió para calibrar los contadores de pulsos.

## **4.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Las mediciones de flujo de combustible se facilitaron considerablemente con la instalación de los flujómetros y los contadores.

Los resultados son anotados en tablas previamente elaboradas por el CCICEV (ver anexo 4), para luego transcribirlos en una hoja de Excel para realizar los análisis y graficas necesarias. Con lo que se puede comparar resultados, y obtener las conclusiones pertinentes.

Las tablas de resultados se muestran desde la 4.1 a la 4.16.

#### 4.2.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS EN EL MOTOR DE CICLO OTTO DE INYECCIÓN SIN CARGA

##### PRUEBAS DE RETORNO DE COMBUSTIBLE

###### Características de la prueba:

Combustible: Gasolina Súper

Volumen utilizado: 500 ml

Tipo de flujómetro: Flujómetro de 950 pulsos por litro

Prueba sin factor de corrección

<b>Prueba N°1</b>				
Velocidad (rpm)	FLUJO (l/m)		PULSOS RESTADOR	TIEMPO (s)
	IDA	RETORNO		
2500	1,1915	1,1410	17	23
2000	1,4147	1,3547	23	20
1500	1,2473	1,2300	13	20
1000	1,1885	1,1483	12	22
Ralentí	1,2109	1,1853	10	20
<b>Prueba N°2</b>				
2500	1,2924	1,2169	20	21
2000	1,3768	1,3010	23	20
1500	1,2708	1,2292	15	21
1000	1,1073	1,0792	14	23
Ralentí	1,1805	1,1685	9	20

<b>Prueba N°3</b>				
2500	1,1382	1,0929	18	23
2000	1,3357	1,2852	22	20
1500	1,1755	1,144	12	22
1000	1,2600	1,2169	14	21
Ralentí	1,1997	1,1621	9	21
<b>Prueba N°4</b>				
2500	1,223	1,1583	19	22
2000	1,3233	1,2481	24	21
1500	1,2689	1,2263	14	20
1000	1,2554	1,2123	14	21
Ralentí	1,1869	1,1789	10	20
<b>Prueba N°5</b>				
2500	1,1897	1,1897	18	22
2000	1,3642	1,2915	23	20
1500	1,2521	1,2078	14	20
1000	1,1823	1,1456	13	22
Ralentí	1,1957	1,176	9	20

Tabla 4.1 Pruebas de retorno en el motor de inyección sin carga.

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

<b>PROMEDIO DE PRUEBAS EN MOTOR DE INYECCIÓN</b>				
Velocidad (rpm)	FLUJO (l/m)		PULSOS RESTADOR	TIEMPO (s)
	IDA	RETORNO		
2500	1,2070	1,1598	18	22
2000	1,3629	1,2961	23	20
1500	1,2429	1,2075	14	21
1000	1,1987	1,1605	13	22
ralentí	1,1947	1,1742	9	20

Tabla 4.2 Promedio de pruebas en el motor de inyección sin carga

<b>FLUJOS OBTENIDOS VS. CALCULADOS (l/m)</b>			
Velocidad (rpm)	FLUJO DE RETORNO EXPERIMENTAL	RETORNO MEDIDO	TIEMPO (s)
2500	1,3514	1,1598	22
2000	1,4851	1,2961	20
1500	1,4563	1,2075	21
1000	1,3761	1,1605	22
ralentí	1,4851	1,1742	20

Tabla 4.3 Flujos obtenidos vs. Calculados (l/m) en el motor de inyección sin carga

## CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

$$F_c = \frac{\text{Flujo experimental}}{\text{flujo de lectura}}$$

Velocidad (rpm)	FACTOR DE CORRECCIÓN
2500	1,165
2000	1,146
1500	1,206
1000	1,186
ralentí	1,265

Tabla 4. 4 factor de corrección en el motor de inyección sin carga

### 4.2.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS EN EL MOTOR DE CICLO OTTO DE CARBURACIÓN SIN CARGA

#### PRUEBAS DE RETORNO DE COMBUSTIBLE

##### Características de la prueba:

Combustible: Gasolina Extra

Volumen utilizado: 500 ml

Tipo de flujómetro: Flujómetro de 950 pulsos por litro

Prueba sin factor de corrección

<b>Prueba N°1</b>					
Velocidad (rpm)	FLUJO (l/m)		PULSOS		TIEMPO (s)
	IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
2500	0,6290	0,5174	481	405	50
2000	0,6301	0,5298	450	382	46
1500	0,6146	0,5273	454	389	46
1000	0,6687	0,5462	472	387	45
ralentí	0,7395	0,5417	527	381	45
<b>Prueba N°2</b>					
2500	0,6260	0,5233	485	413	49
2000	0,6361	0,5287	463	385	46
1500	0,6495	0,5347	453	383	46
1000	0,6602	0,5440	468	381	45
ralentí	0,7241	0,5391	530	385	45
<b>Prueba N°3</b>					
2500	0,6228	0,5236	494	433	49
2000	0,6211	0,5315	497	379	47
1500	0,6283	0,5302	461	380	46

1000	0,6391	0,5272	463	385	46
ralentí	0,7465	0,5417	546	384	45
<b>Prueba N°4</b>					
2500	0,6022	0,5230	484	407	49
2000	0,6171	0,5219	451	379	46
1500	0,6246	0,5314	453	382	45
1000	0,6564	0,5448	476	398	45
ralentí	0,766	0,5402	544	383	45
<b>Prueba N°5</b>					
2500	0,6165	0,5181	484	408	50
2000	0,6173	0,5156	455	380	47
1500	0,6302	0,5321	451	382	46
1000	0,6638	0,5448	469	389	44
ralentí	0,7602	0,538	540	385	45

Tabla 4.5 Pruebas de retorno de en el motor de carburación sin carga

<b>PROMEDIO DE PRUEBAS EN MOTOR DE CARBURADOR</b>					
Velocidad (rpm)	FLUJO (l/m)		PULSOS		TIEMPO (s)
	IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
2500	0,6193	0,5211	486	413	49,4
2000	0,6243	0,5255	463	381	46,4

1500	0,6294	0,5311	454	383	45,8
1000	0,6576	0,5414	470	388	45
ralentí	0,7473	0,5401	537	384	45

Tabla 4.6 Promedio de pruebas en el motor de carburador sin carga.

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

FLUJOS OBTENIDOS VS. CALCULADOS (l/m)						
Velocidad (rpm)	FLUJO DE RETORNO EXPERIMENTAL	LECTURA PULSOS (l/m)		PULSOS CONVERTIDOS A FLUJO		TIEMPO (s)
		IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
2500	0,6073	0,6193	0,5211	58,0558	0,5283	49,4
2000	0,6466	0,6243	0,5255	56,4107	0,5186	46,4
1500	0,6550	0,6294	0,5311	54,3098	0,5284	45,8
1000	0,6667	0,6576	0,5414	54,4639	0,5446	45
Ralentí	0,6667	0,7473	0,5401	63,0422	0,5384	45

Tabla 4.7 Flujos obtenidos vs. calculados (l/m) en el motor de carburación sin carga

### CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

$$F_c = \frac{\text{Flujo experimental}}{\text{flujo de lectura}}$$

Velocidad (rpm)	FACTOR DE CORRECCIÓN
2500	1,150
2000	1,247
1500	1,240
1000	1,224
ralentí	1,238

Tabla 4. 8 Factor de corrección en el motor de carburación sin carga.

#### 4.2.3. PROTOCOLO DE PRUEBAS EN EL MOTOR DE CICLO OTTO DE CARBURACIÓN CON CARGA

##### PRUEBAS DE RETORNO DE COMBUSTIBLE

##### Características de la prueba:

Combustible: Gasolina Extra

Volumen utilizado: 500 ml

Tipo de flujómetro: Flujómetro de 950 pulsos por litro

Prueba sin factor de corrección

Prueba N°1							
Velocidad (rpm)	TORQUE (N/m)	POTENCIA (Kw)	FLUJO (l/m)		PULSOS		TIEMPO (s)
			IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
3000	6	2	0,6342	0,5557	459	396	46
2500	23	6	0,6436	0,5372	465	388	45
2000	36,5	7,5	0,6608	0,5361	480	381	46
1500	41	6,3	0,7010	0,5099	565	404	48
1000	50	5,2	0,6589	0,3206	710	364	67

<b>Prueba N°2</b>							
3000	5,5	1,6	0,6177	0,5244	461	399	47
2500	22	5,2	0,6340	0,5289	463	390	46
2000	32,5	6,8	0,6450	0,5298	477	492	46
1500	41	6,3	0,7087	0,5116	539	396	48
1000	50	5,2	0,6464	0,3266	699	363	65
<b>Prueba N°3</b>							
3000	6,5	2	0,6289	0,5365	457	396	46
2500	21,5	5,6	0,6316	0,5298	453	382	46
2000	35	7,3	0,6443	0,4659	455	397	47
1500	43	6,7	0,7851	0,5119	529	388	49
1000	52,5	5,4	0,6249	0,3127	689	360	67
<b>Prueba N°4</b>							
3000	7,5	2,6	0,6212	0,536	452	388	45
2500	23	6	0,6288	0,5378	459	391	46
2000	37	7,6	0,6311	0,5236	411	389	46
1500	46	7,2	0,6935	0,5212	528	391	48
1000	54	5,6	0,6439	0,3224	615	360	65

<b>Prueba N°5</b>							
3000	7,5	2,4	0,6215	0,538	457	392	46
2500	24	6,2	0,6213	0,5372	457	391	46
2000	36,5	7,5	0,6441	0,53	412	391	46
1500	46	7,2	0,6877	0,5106	531	393	49
1000	55	5,7	0,5857	0,303	677	356	66

Tabla 4.9 Pruebas de retorno de en el motor de carburación con carga.

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

<b>PROMEDIO DE PRUEBAS EN MOTOR DE CARBURADOR</b>							
Velocidad (rpm)	TORQUE (N/m)	POTENCIA (Kw)	FLUJO (l/m)		PULSOS		TIEMPO (s)
			IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
3000	6,6	2,12	0,6247	0,5381	457	394	46
2500	22,7	5,8	0,6319	0,5342	459	388	45,8
2000	35,5	7,34	0,6451	0,5171	447	410	46,2
1500	43,4	6,74	0,7152	0,5130	538	394	48,4
1000	52,3	5,42	0,6320	0,3171	678	361	66

Tabla 4.10 Flujos obtenidos vs. calculados (l/m) en el motor de carburación con carga

FLUJOS OBTENIDOS VS. CALCULADOS (l/m)						
Velocidad (rpm)	FLUJO DE RETORNO EXPERIMENTAL	FLUJO		PULSOS CONVERTIDOS A FLUJO		TIEMPO (s)
		IDA	RETOR NO	IDA	RETOR NO	
3000	0,6522	0,6247	0,5381	0,6277	0,5412	46
2500	0,6550	0,6319	0,5342	0,6335	0,5356	45,8
2000	0,6494	0,6451	0,5171	0,6111	0,5605	46,2
1500	0,6198	0,7152	0,5130	0,7026	0,5147	48,4
1000	0,4545	0,6320	0,3171	0,6488	0,3451	66

Tabla 4.11 Promedio de pruebas en el motor de carburador con carga

### CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

$$F_c = \frac{\text{Flujo experimental}}{\text{flujo de lectura}}$$

Velocidad (rpm)	VALOR DEL FACTOR DE CORRECCIÓN
3000	1,205
2500	1,223
2000	1,159
1500	1,204
1000	1,317

Tabla 4. 12 Factor de corrección en el motor de carburación con carga

#### 4.2.4. PROTOCOLO DE PRUEBAS EN EL MOTOR DE CICLO OTTO DE INYECCIÓN CON CARGA

##### PRUEBAS DE RETORNO DE COMBUSTIBLE

###### Características de la prueba:

Combustible: Gasolina Súper

Volumen utilizado: 500 ml

Tipo de flujómetro: Flujómetro de 950 pulsos por litro

Prueba sin factor de corrección

Prueba N°1							
Velocidad (rpm)	TORQUE (N/m)	POTENCIA (Kw)	FLUJO (l/m)		PULSOS		TIEMPO (s)
			IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
2500	5	1,2	1,2660	1,1980	491	467	20
2000	20,5	4,2	1,0700	1,0290	407	387	22
1500	31,5	5,2	1,1620	1,1090	403	386	22
1000	46	4,8	0,9764	0,9500	403	390	26
Prueba N°2							
2500	7	1,8	1,0390	1,0340	412	405	24
2000	19	3,9	1,0510	0,9959	409	390	24
1500	33	5,3	1,1470	1,1000	406	389	23
1000	42,5	4,4	0.9637	0,9400	399	387	23

<b>Prueba N°3</b>							
2500	6	1,6	1,2710	1,0800	407	388	20
2000	19	3,9	1,2410	1,1822	403	385	21
1500	33,5	5,2	1,0520	1,0090	406	390	23
1000	46	4,8	1,1480	1,1050	413	398	22
<b>Prueba N°4</b>							
2500	5	1,3	1,1180	1,0640	399	379	21
2000	17,5	3,6	1,2310	1,1750	403	385	21
1500	31	4,9	1,0170	0,9824	403	388	24
1000	43,5	4,5	1,1340	1,0870	407	388	22
<b>Prueba N°5</b>							
2500	4,5	1,1	1,0820	1,0290	418	398	23
2000	19	3,8	1,2190	1,1670	404	385	21
1500	29,5	4,6	1,0800	0,9722	406	391	25
1000	43,5	4,5	1,1240	1,0800	407	394	24

Tabla 4.13 Pruebas de retorno en el motor de inyección con carga

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

PROMEDIO DE PRUEBAS EN MOTOR DE INYECCIÓN							
Velocidad (rpm)	TORQUE (N/m)	POTENCIA (Kw)	FLUJO (l/m)		PULSOS		TIEMPO (s)
			IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
2500	5,5	1,4	1,1552	1,0810	425	407	21,6
2000	19	3,88	1,1624	1,1098	405	386	21,8
1500	31,7	5,04	1,0916	1,0345	405	389	23,4
1000	44,3	4,6	1,0956	1,0324	406	391	23,4

Tabla 4. 14 Promedio de pruebas en el motor de inyección con carga

FLUJOS OBTENIDOS VS. CALCULADOS (l/m)						
Velocidad (rpm)	FLUJO DE RETORNO EXPERIMENTAL	FLUJO		PULSOS CONVERTIDOS A FLUJO		TIEMPO (s)
		IDA	RETORNO	IDA	RETORNO	
2500	1,3889	1,1552	1,0810	1,2439	1,1912	21,6
2000	1,3761	1,1624	1,1098	1,1739	1,1195	21,8
1500	1,2821	1,0916	1,0345	1,0926	1,0494	23,4
1000	1,2821	1,0956	1,0324	1,0953	1,0564	23,4

Tabla 4. 15 Flujos obtenidos vs. calculados (l/m) en el motor de inyección con carga

### CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

$$F_c = \frac{\text{Flujo experimental}}{\text{flujo de lectura}}$$

Velocidad (rpm)	VALOR DEL FACTOR DE CORRECCIÓN
2500	1,166
2000	1,229
1500	1,222
1000	1,214

Tabla 4. 16 Factor de corrección en el motor de inyección con carga

### 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la instrumentación y el dinamómetro de banco de pruebas y las graficas realizadas en el programa Excel.

En las curvas se puede apreciar que el mayor consumo de combustible se presenta en 1000 y 1500 rpm en las que el motor se encuentra con mayor carga.

Pulsos restados	Velocidad rpm	Potencia (Kw)	Torque (N-m)	Tiempo (seg.)	Consumo Especifico de combustible c.e.c. (gr/Kw-hr)
418	1000	5,42	52,3	66	3299,34
173	1500	6,74	43,4	48,4	1497,39
43	2000	7,34	35,5	46,2	358,03
87	2500	5,8	22,7	45,8	924,74
76	3000	2,12	6,6	46	2200,46

Tabla 4. 17 Datos para curvas características del motor a carburador

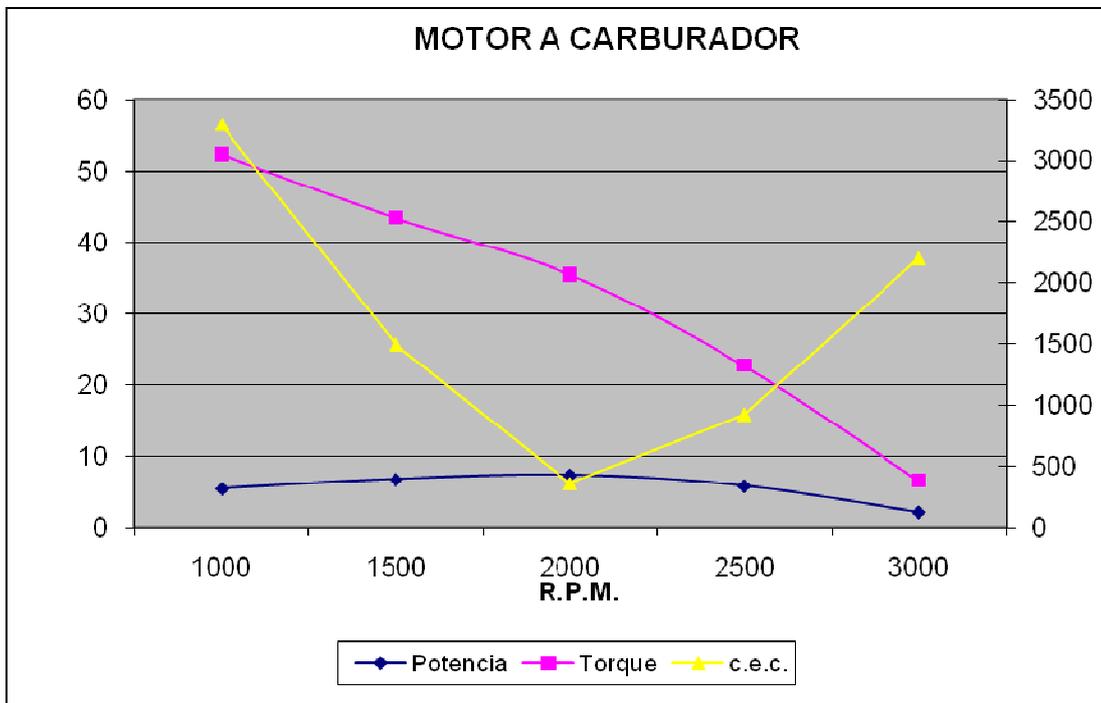


Fig. 4.3 Curvas características del motor Mitsubishi

Pulsos Restados	Velocidad rpm	Potencia (Kw)	Torque (N-m)	Tiempo (seg.)	Consumo Especifico de combustible c.e.c. (gr/Kw-hr)
17	1000	4,8	44,3	23,4	430,33
20	1500	5,4	31,7	23,4	450,02
23	2000	3,88	19	21,8	773,13
17	2500	1,4	5,5	21,6	1598,38

Tabla 4. 18 Datos para curvas características del motor a inyección.

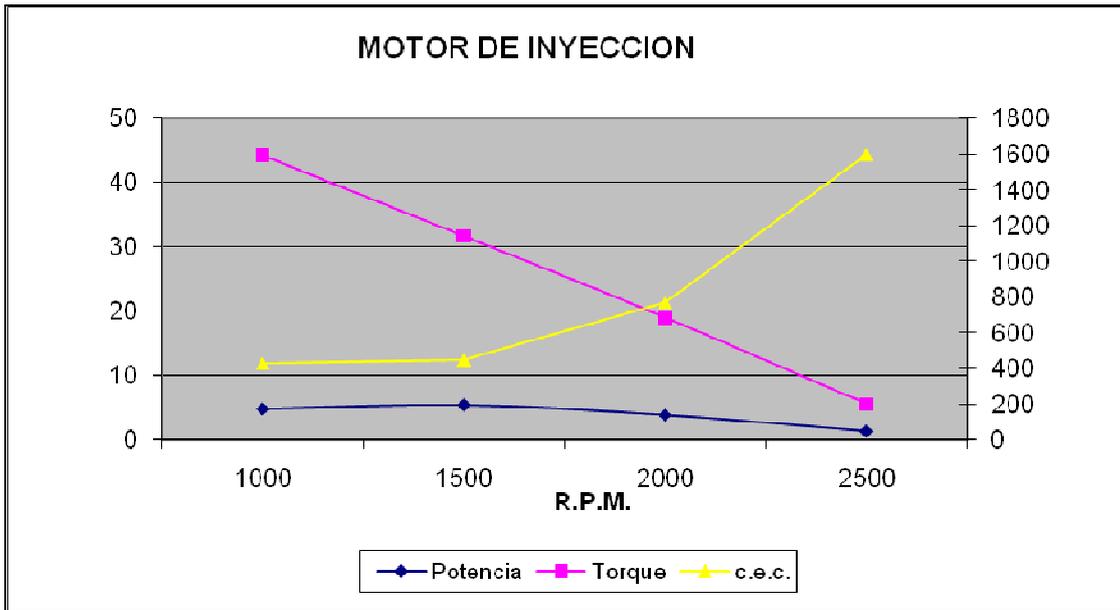


Fig. 4.4 Curvas características del motor Lada

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Para medir el consumo de combustible mediante instrumentación se debe colocar medidores de flujo en las tuberías de ida y retorno, y restar estos flujos, de tal manera que su resultado es el consumo de combustible.

En los 2 motores del banco de pruebas se puede apreciar que aunque el consumo es muy bajo, en las tuberías de ida y retorno existe un flujo relativamente alto, lo que impide tener datos aun más precisos.

Se obtiene un valor de flujo muy próximo al real calibrando los contadores de pulsos con el factor de corrección obtenido mediante pruebas experimentales consecutivas.

En el motor de inyección electrónica se observa que el flujo de ida y retorno disminuye al aplicarse una carga eléctrica como el ventilador, esto se debe a que la bomba de combustible es eléctrica.

Las medidas de flujo instantáneo en el motor de carburador varían debido a que la bomba es mecánica (de diafragma) y manda un flujo pulsante por su principio de funcionamiento.

Con las pruebas realizadas en ambos motores, se concluye que los resultados son más acertados utilizando el restador en el motor de carburación, mientras que los totalizadores en el de inyección electrónica, indistintamente del tipo de flujómetro que se utilice en ellos.

Las curvas características mostradas en el capítulo 1 se obtienen al medir el torque y potencia del motor a cada número de RPM cambiando estas revoluciones con el acelerador, mientras que las pruebas que se realizan en el CCICEV se basan en acelerar al motor a un número de revoluciones e ir aplicando carga y de esta forma cambiar el número de revoluciones.

La instrumentación presenta un alto grado de complejidad, ya que los instrumentos no siempre presentan los resultados esperados por diversos factores

que intervienen tales como la apreciación de cada equipo, o la forma de flujo (Laminar o turbulento).

En el motor a carburador existiría la posibilidad de medir el consumo con un solo flujómetro ya que posee una sección de tubería después de la bomba y el retorno en la que la gasolina ingresa directamente al carburador y de este al motor, sin embargo no existen flujómetros para un caudal tan pequeño que sean para combustible.

No es posible instrumentar con un solo flujómetro al motor de inyección electrónica.

Los valores del factor de corrección calculados de ambos motores no difieren considerablemente en las pruebas con carga y sin ella.

Los valores de los datos obtenidos se vuelven confiables una vez calibrado correctamente los equipos.

La respuesta de los instrumentos mejora en un rango de flujo intermedio entre el valor máximo y mínimo establecido en fábrica.

No se pudo realizar la automatización de los datos con un PLC, debido a que se requería de un convertidor de señal para la celda de carga, y que como efecto de la misma se requiere de un presupuesto adicional, y mayor conocimiento del funcionamiento de la celda mencionada.

Al instalar los flujómetros en el banco de pruebas se logra optimizar los ensayos realizados en el CCICEV cumpliendo con el objetivo general propuesto.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Dar el mantenimiento adecuado a los motores del banco de prueba para que mantengan sus características idóneas de funcionamiento.

Al instalar los flujómetros en el banco de pruebas se debe verificar que se los coloque en el sentido correcto de flujo indicado en el instrumento y que no existan fugas de combustible.

Se recomienda verificar la calibración y programación de los displays antes de realizar las pruebas.

Para obtener un valor de flujo próximo al real se debe calibrar los contadores en la opción SPC con el valor de pulsos sugerido en los flujómetros.

Para realizar las pruebas con carga, se debe comprobar que el motor este alineado con el dinamómetro para evitar vibraciones excesivas.

Tener precaución de que los cables y mangueras no se acerquen demasiado a las partes especialmente calientes del motor.

Usar el combustible adecuado para cada motor.

Los pulsos por litro de cada flujómetro influyen en el valor del cálculo de combustible por lo que se recomienda tomar en cuenta el tipo flujómetro utilizado, para la programación de los displays.

Manipular los flujómetros correctamente, de preferencia asignar una persona responsable en el manejo de ellos, ya que éstos son delicados.

Instalar un filtro en la cañería de ida antes del flujómetro para evitar que ingresen partículas que puedan interrumpir el paso de flujo o que a su vez averíen el instrumento.

Utilizar el canal B de los instrumentos si se requiere acumular el valor de volumen en un rango de tiempo determinado.

Alimentar a los displays con la fuente de 24 VDC, ya que prolongará la vida útil de la batería.

La posición de trabajo idónea para utilizar los flujómetros es en forma horizontal ya que se evitara un mal funcionamiento o lecturas erróneas por parte de los

instrumentos.

Verificar que los displays se encuentren en cero antes de iniciar las pruebas.

Para tener una mejor apreciación de los resultados se podría implementar un PLC ya que se lograría automatizar la adquisición de datos.

Adquirir o diseñar una tarjeta amplificadora y convertora de celda de carga, para facilitar la comunicación del dinamómetro con el Plc.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CEAC, Manual del automóvil, Editorial CEAC, Barcelona España, 2003.

CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial, Editorial ALFAOMEGA, sexta edición, México D.F. 1998.

MOTT, Robert L. Mecánica de Fluidos, Editorial PEARSON Educación; sexta edición, México 2006.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:99 Gestión Ambiental. Aire.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 960 1983 - 04. Vehículos Automotores. Determinación de la potencia neta del motor.

PORTILLA, Ángel. Curso de Inyección Electrónica en Motores a Gasolina; 2003.

PORTILLA, Ángel. Manual para Motores de Combustión Interna. --Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2005.

STEERTER, Victor. Mecánica de fluidos, Editorial Mac Graw-Hill, México 1979.

<http://automecanico.com/auto2002/cigue4.jpg>

<http://dieselcarsena.blogspot.com>

[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/biela-27593.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/biela-27593.jpg)

<http://prof.usb.ve/srevolla/Archivos/Instru/Medidores%20de%20flujo.ppt>

<http://tienda.metallube.es>

<http://usuarios.multimania.es/ladaniva/>

<http://www.asifunciona.com/mecanica>

[http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/mot-gasolina-ciclo\\_2.jpg](http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/mot-gasolina-ciclo_2.jpg)

<http://www.btflowmeter.com>

[http://www.ciaar.com.br/EM%20FOCO/2006/av-2/av2-alcool\\_html\\_m63dcf6bd.jpg](http://www.ciaar.com.br/EM%20FOCO/2006/av-2/av2-alcool_html_m63dcf6bd.jpg)

<http://www.coches20.com/definicion-carburador>

[http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Caudal/Principios/Caudal\\_Sensor es.pdf](http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Caudal/Principios/Caudal_Sensor es.pdf)

[http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Caudal/Principios/Caudal\\_Sensores.pdf](http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Caudal/Principios/Caudal_Sensores.pdf)

[http://www.ms-motor-service.de/ximages/1384911\\_termostato.jpg](http://www.ms-motor-service.de/ximages/1384911_termostato.jpg)

<http://www.reycomotor.com/Reyco/Images/Dana/Pol1.gif>

<http://www.salesianosburgos.com/DEPARTAMENTOS/.../caracteristicas.pdf>

<http://www.uamerica.edu.co/motores/images/culata12.gif>

[http://www.uamerica.edu.co/motores/images/curvas\\_caract.jpg](http://www.uamerica.edu.co/motores/images/curvas_caract.jpg)

[www.abb.com](http://www.abb.com)

[www.brooksinstrument.com](http://www.brooksinstrument.com)

[www.dwyer-inst.com](http://www.dwyer-inst.com)

[www.dynasonics.com](http://www.dynasonics.com)

[www.instrumart.com](http://www.instrumart.com)

[www.maestrojuandeavila.es/tecnologia/temas/mec/partes\\_motor.jpg](http://www.maestrojuandeavila.es/tecnologia/temas/mec/partes_motor.jpg)

[www.omega.com](http://www.omega.com)

[www.wyattflow.com](http://www.wyattflow.com)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1



Tipo de combustible:  
Volumen de consumo:  
Fecha:

Acelerador	Velocidad rpm	Potencia (Kw)	Torque (N-m)	Tiempo (seg.)

Acelerador	Velocidad rpm	Potencia (Kw)	Torque (N-m)	Tiempo (seg)

Acelerador	Velocidad rpm	Potencia (Kw)	Torque (N-m)	Tiempo (seg)

Acelerador	Velocidad rpm	Potencia (Kw)	Torque (N-m)	Tiempo (seg)

## ANEXO 2



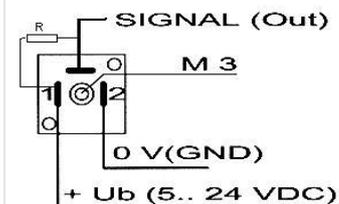
Technische Daten	Technical specification	
Messprinzip	Princip of measurement	Turbine
Abtastsystem	Sensing principle	Hallsensor, Halleffect, non-contacting
Ausgangssignal	Output waveform	NPN open collector
Durchflussrichtung	Flowdirectin	In Pfeilrichtung
Durchflußbereich	Flowrange	0,03 – 2,0 L/ min. (H <sub>2</sub> O bei / at 22°C)
Düse	Nozzle	1,3 mm,
Impulszahl	Output	18.000 Imp./L bei Wasser 20 °C
Viskosität der Medien	Viscosity	1 - 20 mPas
Messgenauigkeit	Accuracy	+/- 2% (bei gleichen Betriebsbedingungen)
Wiederholgenauigkeit	Repeatability of frequency response	<0,5% bei gleicher Betriebsbedingung
Betriebs/ Berstdruck	Continous-/ Burst in pressure	4 / 10 bar (bei / at 22°C)
Betriebstemperatur	Running temperature	-10°C ... + 80°C
Einbaulage	Installation position	beliebig
Anschluss	Port Connection	2 x AD 6 mm Schlauchtülle
Material / Rotor / O-Ring	Materials	Pom – Rotor= PVDF O-Ring=FPM
Achse / Lagerung	Bearing	PVDF/ Pom - Lager
Elektrischer- Anschluss	Voltage supply	5- 24 VDC Ausgangsstrom 15 mA
Ausgangsstrom	Output	10 mA max.
Gebergewicht	Weight	0,20 Gramm
Abmessung	Dimensions	58 x 41 x 26 (incl. Stecker / connector)

**Serie: FCH-m-POM**  
**Art.-Nr: 97478122**

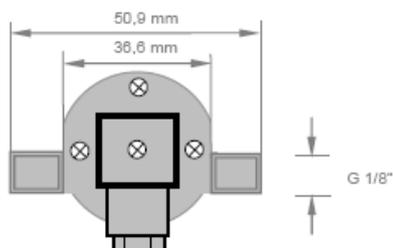


**Anschlussbelegung /**  
**Electrical Connection**

**PIN 1:** +4,5 to 24 VDC  
**PIN 2:** GND (0V)  
**-Masse-PIN:** Signal



for PNP use R= 1.. 1,5 k



97478122.FCH-m-Pom.doc  
 Stand 7.2007  
 changes without notice.

Technische Änderungen vorbehalten  
 We reserve the right to make technical

B.I.O-TECH e.K., Hundsoed 16, D- 94474 Vilshofen  
 Tel.: +49 (0) 8541-910047, Fax: +49 (0) 8541-1341  
 Internet: www.bflowmeter.com, E-Mail: info@bflowmeter.com

## ANEXO 3


 Kleinmengen Durchflussmesser  
 Fuel flow meter, Fuel flowsensor

Technische Daten	Technical specification	SPS / PLC compatible
Messprinzip	Measurement principle	Turbine
Abtastsystem	Sensing principle	Hall Sensor, Hall effect, non-contacting
Ausgangssignal	Output waveform	PNP * pull up R= 1k5 integriert / integrated
Durchflussrichtung	Flow direction	In Pfeilrichtung
Durchflussbereich	Flow range	0,05 – 7,5 L/ min. (H <sub>2</sub> O bei / at 22°C)
Düse	Nozzle	D= 4,0 mm
Impulszahl	Output	950 Imp./ L bei Wasser 20 °C
Viskosität der Medien	Viscosity	1 ... 10 mPas
Messgenauigkeit	Accuracy	+/- 2% bei gleichen Betriebsbedingungen
Wiederholgenauigkeit	Repeatability of frequency response	<0,5% bei gleicher Betriebsbedingung
Betriebs/ Berstdruck	Fluid pressure max. / Burst in pressure	8 / 16 bar (bei/at 22°C)
Betriebstemperatur	Running temperature	- 10°C ...+ 60°C
Einbaulage	Installation position	Beliebig /
Anschluss	Port Connection	2 x G 1/8"
Material / Rotor / O-Ring	Materials	POM, Rotor= PVDF, O-Ring: FPM
Achse / Lagerung	Bearing	Achse = V4A, Lager = Pom
Elektrischer- Anschluss	Voltage supply	5- 24 VDC, Ausgangsstrom 15 mA
Ausgangsstrom	Output current	max. 25 mA
Gebergewicht	Weight	85 Gramm
Abmessung	Dimensions	L= 58 x B= 41 x H= 53 mm incl. Stecker

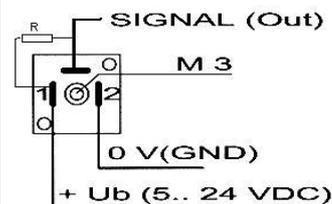
Serie: FCH-m-POM  
 Art.-Nr: 97478054



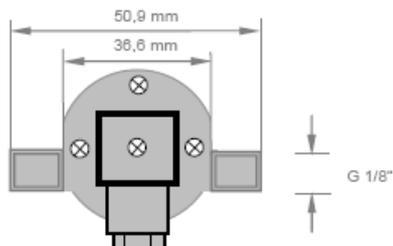
Anschlussbelegung /  
 Electrical Connection

PIN 1: +4,5 to 24 VDC  
 PIN 2: GND (0V)

-Masse-PIN: Signal PNP  
 \*R= 1k5 integriert



for PNP use R= 1..1,5 k



97478122.FCH-m-Pom.doc  
 Stand 7.2007  
 changes without notice.

Technische Änderungen vorbehalten  
 We reserve the right to make technical

B.I.O-TECH e.K., Hundsoed 16, D- 94474 Vilshofen  
 Tel.: +49 (0) 8541-910047, Fax: +49 (0) 8541-1341  
 Internet: www.btfowmeter.com, E-Mail: info@btfowmeter.com



## **APÉNDICES**

# APÉNDICE 1



CDU: 629-113:621.43.001-4

MC 04.01-301

Norma Técnica Ecuatoriana	VEHICULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA NETA DEL MOTOR	INEN 960 1983-04
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método general de ensayo para motores de vehículos automotores, para evaluación de su rendimiento, con el propósito de la elaboración posterior de curvas de potencia y consumo específico de combustible a carga completa, como funciones de la velocidad de la máquina.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a máquinas de combustión interna usadas en vehículos automotores (excluyendo motocicletas y tractores) que trafican usualmente las calles y/o carreteras, que estén incluidos dentro de las categorías siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- motores de combustión interna a pistón de movimiento alternativo (encendido por bujías o por inyección de combustible), excluyendo los de pistón libre;</li> <li>- motores de émbolo rotativo.</li> </ul> <p>Estos motores podrán estar provistos de un dispositivo de sobrecarga mecánica o de turbo alimentadores.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 <b>Potencia neta.</b> La potencia obtenida en el eje motor o en su equivalente, a la velocidad especificada por el fabricante, estando el motor equipado con los dispositivos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento en su aplicación particular.</p> <p>3.2 <b>Dispositivos auxiliares.</b> Los equipos y dispositivos enunciados en la Tabla 1.</p> <p>3.3 <b>Equipo standard de producción.</b> Cualquier equipo que es provisto normalmente por el fabricante, para aplicación particular del motor.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p><b>4.1 Exactitud de las mediciones</b></p> <p>4.1.1 <i>Momento.</i> El diámetro debe ser tal, que el primer cuadrante de la escala no se use. Debe tener una exactitud dentro de <math>\pm 0,05\%</math> del valor máximo de la escala.</p> <p>4.1.2 <i>Velocidad.</i> La velocidad del motor debe ser leída de preferencia con un cuenta - revoluciones y con un cronómetro sincronizado automáticamente. La exactitud de los valores medidos debe ser de <math>\pm 0,05\%</math>.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

TABLA 1. Dispositivos Auxiliares

	DISPOSITIVOS	NOTAS
1	Sistema de admisión Múltiple de admisión Filtro de aire Silenciador de admisión Sistema de control de emisiones Sistema de limitación de velocidad	
2	Sistema de calefacción del múltiple de admisión	Colocado en la posición más favorable posible
3	Sistema de escape: Purificador Múltiple de escape Toberas  Silenciador Tubo de escape Freno de escape	Si es posible armar el sistema de escape para el ensayo, se debe reemplazar por otro equivalente en restricciones con la aprobación del fabricante  Si existe un freno de escape, la válvula puede ser retirada o colocada en posición de abierta totalmente
4	Bomba de combustible	La presión de alimentación del combustible puede ser ajustada, en caso de necesidad, para producir circunstancias especiales de aplicación del motor.
5	Carburador	
6	Equipo de inspección (diesel) Primer filtro Segundo filtro Bomba Cañería de alta presión Inyector  Válvula de admisión de aire Regulador	La válvula de admisión de aire es el control neumático de la bomba de inyección
7	Equipo de enfriamiento del líquido refrigerante Tapa del motor Radiador	El radiador, el ventilador, la bomba de agua y el termostato, deben colocarse en el banco de pruebas en las mismas posiciones relativas que ocupan en el vehículo. La circulación de agua debe ser activada solamente por la bomba. El enfriamiento puede ser producido por el radiador o por circuito externo, siempre que la pérdida de la presión en este circuito permanezca sustranciamente la misma que la del motor

(Continúa)

TABLA 1. Dispositivos Auxiliares

	DISPOSITIVOS	NOTAS
1	Sistema de admisión Múltiple de admisión Filtro de aire Silenciador de admisión Sistema de control de emisiones Sistema de limitación de velocidad	
2	Sistema de calefacción del múltiple de admisión	Colocado en la posición más favorable posible
3	Sistema de escape: Purificador Múltiple de escape Toberas  Silenciador Tubo de escape Freno de escape	Si es posible armar el sistema de escape para el ensayo, se debe reemplazar por otro equivalente en restricciones con la aprobación del fabricante  Si existe un freno de escape, la válvula puede ser retirada o colocada en posición de abierta totalmente
4	Bomba de combustible	La presión de alimentación del combustible puede ser ajustada, en caso de necesidad, para producir circunstancias especiales de aplicación del motor.
5	Carburador	
6	Equipo de inspección (diesel) Primer filtro Segundo filtro Bomba Cañería de alta presión Inyector  Válvula de admisión de aire Regulador	La válvula de admisión de aire es el control neumático de la bomba de inyección
7	Equipo de enfriamiento del líquido refrigerante Tapa del motor Radiador	El radiador, el ventilador, la bomba de agua y el termostato, deben colocarse en el banco de pruebas en las mismas posiciones relativas que ocupan en el vehículo. La circulación de agua debe ser activada solamente por la bomba. El enfriamiento puede ser producido por el radiador o por circuito externo, siempre que la pérdida de la presión en este circuito permanezca sustranciamente la misma que la del motor

(Continua)

4.1.3 *Consumo de combustible.* Exactitud de  $\pm 1\%$

4.1.4 *Temperatura del aire de admisión.* Exactitud de  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

4.1.5 *Presión barométrica.*  $\pm 70\text{ Pa}$  (0,70 mbar).

4.1.6 *Presión en el ducto de escape.*  $\pm 25\text{ Pa}$  (0,25 mbar).

## 4.2 Ensayos

### 4.2.1 Dispositivos auxiliares

4.2.1.1 Durante el ensayo, los dispositivos auxiliares especificados en la Tabla 1 deben instalarse en lo posible en la misma posición que en la aplicación en el motor. Deberán retirarse los equipos auxiliares del vehículo que no son necesarios para el funcionamiento del motor, como por ejemplo:

- Compresor de aire para frenos,
- Compresor de suspensión
- Sistema de aire acondicionado

En los casos en que se deban retirar accesorios, la potencia absorbida por los mismos, deberá determinarse y añadirse a la potencia medida del motor.

### 4.2.2 Dispositivos auxiliares para arranque de motores a diesel

4.2.2.1 Tratándose de motores a diesel, deben considerarse los dos casos siguientes:

- a) *Arranque eléctrico.* El generador está instalado y suministra, cuando sea necesario, la energía para los auxiliares indispensables para el funcionamiento del motor.
- b) *Arranque no eléctrico.* Si existe cualquier otro dispositivo auxiliar eléctricamente movido, indispensable para el funcionamiento del motor, se instalará el generador para suministrar la energía de estos accesorios. De lo contrario, deberán retirarse. En cualquier caso, el sistema para producir y acumular la energía necesaria para el arranque, debe estar instalado y funcionar cuando no se aplica al motor.

## 4.3 Condiciones de ajuste

4.3.1 Las condiciones de ajuste durante el ensayo, para la determinación de la potencia neta, se indican en la Tabla 2.

**TABLA 2. Condiciones de ajuste**

1	Ajuste al carburador	De acuerdo a las especificaciones del fabricante, utilizados sin ninguna alteración posterior para la aplicación particular
2	Ajuste al sistema de inyección a la bomba	
3	Inyección o regulador de la inyección	
4	Ajuste del regulador	

(Continúa)

#### 4.4 Condiciones de ensayo

4.4.1 El ensayo de potencia neta consistirá en marcha a plena admisión para motores de bujías, y a plena carga de la bomba de inyección para motores a diesel. El motor estará equipado según la Tabla 1.

4.4.2 Los datos de rendimiento deben obtenerse bajo condiciones estables de funcionamiento, con un adecuado suministro de aire fresco. Los motores deberán arrancarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Las cámaras de combustión de motores a bujías podrán contener depósitos, pero en cantidades limitadas. Las condiciones de ensayo, tales como la temperatura en la tobera de admisión, deberán seleccionarse lo más aproximadamente a las condiciones de referencia, para minimizar la magnitud del factor de corrección.

4.4.3 La temperatura del aire de admisión al motor (aire ambiental) debe medirse dentro de 0,15 m máximo en la entrada al filtro de aire y, si esto no existe, dentro de 0,15 m de la tobera de admisión. El termómetro o la cupla - térmica debe protegerse de radiación del calor y debe localizarse directamente en el torrente de aire. Debe también protegerse de gotas de combustible. Una cantidad suficiente de medidas en sitios distintos, deberá ser un promedio representativo de la temperatura.

4.4.4 No se deben tomar datos, a menos que el momento, velocidad y temperatura, hayan sido mantenidos constantes por lo menos durante un minuto.

4.4.5 La velocidad del motor durante una prueba o lectura, no debe desviarse de la velocidad seleccionada, en más de  $\pm 1\%$  o en  $\pm 10$  rev/min.

4.4.6 La fuerza de frenado observada, consumo de combustible y temperatura de aire de admisión, deben anotarse simultáneamente y, en cada caso, deben ser los promedios de dos valores estables que no varían más del 2% por la fuerza de frenado y consumo de combustible.

4.4.7 Para la medición del consumo de combustible con un contador automático de tiempo, el tiempo mínimo de medición no debe ser inferior a 30 s; para medición manual, no menor a 60 s.

4.4.8 La temperatura de salida del refrigerante en motores enfriados por líquidos, debe controlarse y mantenerse a  $80 \pm 5^\circ\text{C}$ , a menos que el fabricante especifique otra cosa. Para motores refrigerados por aire, la temperatura debe mantenerse con tolerancia de  $20^\circ\text{C}$  respecto al valor indicado por el fabricante.

4.4.9 La temperatura del combustible en la entrada de la bomba o en el carburador, debe mantenerse dentro de los límites especificados por el fabricante.

4.4.10 La temperatura del aceite lubricante medida en el (carburador) depósito de aceite o en la salida del sistema de enfriamiento de aceite, de existir, debe mantenerse dentro de los límites especificados por el fabricante.

4.4.11 La temperatura del gas de escape debe medirse en un punto del tubo de escape adyacente al final del múltiple de escape. Esta temperatura debe mantenerse entre los límites establecidos por el fabricante.

(Continua)

4.4.12 Para motores a diesel, el combustible utilizado no debe contener aditivos para la suspensión del humo. En caso de disputa, el ensayo deberá hacerse con combustible clasificado bajo la sigla CEC - RF - 03-T-69.

## 5. FACTORES DE CORRECCION

### 5.1 Definición del factor $K_a$

5.1.1 Es el factor por el cual debe multiplicarse la potencia observada, para determinar la potencia del motor bajo las condiciones atmosféricas de referencia.

### 5.2 Condiciones atmosféricas de referencia

5.2.1 *Temperatura.* 25°C (298 K).

5.2.2 *Presión total.* 100 KPa (1 000 mbar). Siendo la humedad despreciable. (Ver nota 1).

### 5.3 Limitaciones en el uso de la fórmula de corrección

5.3.1 La fórmula de corrección es sólo aplicable donde el factor de corrección está entre 0,96 y 1,04. Si se exceden estos límites, debe darse el valor corregido, y las condiciones de ensayo (temperatura y presión) deben establecerse en forma precisa en el reporte de ensayo.

### 5.4 Determinación de factores de corrección

5.4.1 *Motores de ignición por bujías (carburador o inyección) factor  $K_a$ .* Dentro de los límites definidos en 7.3, el factor de corrección se obtiene aplicando la fórmula:

$$K_a = \left( \frac{100}{p} \right) \left( \frac{T}{298} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

T - Temperatura absoluta, en grados kelvin en la entrada de aire.

P - presión atmosférica total, en kilopascales

Esta fórmula es aplicada a la potencia de frenado observada, sin tomar en cuenta la eficiencia mecánica del motor.

### 5.4.2 Motores a diesel - factor $K_d$

5.4.2.1 Factor de corrección para motores a diesel de cuatro tiempos de aspiración natural y para motores a diesel de dos tiempos. El factor de corrección, que se aplica sólo a suministro constante de combustible, se calcula por medio de la fórmula:

NOTA 1. Dentro del intervalo 10 a 35°C, los efectos de la humedad en el factor de corrección pueden ser despreciados

(Continua)

$$k_a = \left(\frac{100}{p}\right)^{0,65} \left(\frac{T}{298}\right)^{0,5} \dots\dots\dots (2)$$

La siguiente fórmula, que es aproximadamente equivalente, también puede utilizarse:

$$k_d = 1 + \frac{A}{100}$$

Donde:

$$A = 0,65 (100-p) + 0,17 (T-298)$$

Si el factor de corrección excede 1,04 o es menor que 0,96, o si el suministro de combustible, medido durante el funcionamiento del motor, es menor que 50 mm<sup>3</sup> por litro de volúmenes de barrido, o más que 75 mm<sup>3</sup>, la corrección puede hacerse aplicando el factor de corrección K<sub>d</sub>, por el valor de éste coeficiente; las condiciones de temperatura y presión durante el ensayo y el suministro específico de combustible en mm<sup>3</sup> por litro, deben hacerse constar en el reporte.

#### 5.4.2.2 Factor de corrección para motores a diesel cargados a presión

5.4.2.2.1 *Motor con sobre - alimentación por turbina de escape.* Un factor de corrección que es igual a 1 se aplicará cuando la densidad del aire ambiental no varíe más de ± 5% de la densidad bajo las condiciones de referencia. Cuando la densidad del aire esté fuera de estos límites, no se aplicará corrección alguna, pero se reportarán las condiciones de ensayo.

5.4.2.3 *Motores con sobrealimentación mecánica.* Para el factor de corrección de motores de sobrecarga mecánica, se aplicará la fórmula para motores de aspiración natural, previa comprobación de que la relación está entre los límites especificados para esos motores.

$$relación = \frac{\text{suministro de combustible}}{\text{Volumen de barrido} \left(\frac{p_2}{p_1}\right) \left(\frac{T_1}{T_2}\right)}$$

Donde:

- p1 - Presión ambiental.
- p2 - Presión en el múltiple de admisión.
- T1 - Temperatura ambiental en K.
- T2 - Temperatura en la entrada del múltiple de admisión.

## 6. MEDICION DEL VALOR DEL HUMO

6.1 El valor de la emisión del humo deberá medirse y registrarse en cada lugar de ensayo. El opacímetro usado y su instalación deben estar diseñados de acuerdo con ISO 3173.

(Continua)

## 7 Reporte de ensayo. (ver nota 2).

**7.5 Boquillas de inyección y soportes de boquillas**

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Presión: \_\_\_\_\_ Tubos de inyección de alta presión: \_\_\_\_\_ longitud diámetro interior: \_\_\_\_\_

**7.6 Regulador**

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Velocidad de accionamiento: \_\_\_\_\_ rev/mínimo  
 Velocidad máxima sin carga: \_\_\_\_\_ rev/mínimo

**7.7 Distribuidor de encendido**

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Pulsación estática: \_\_\_\_\_ Dispositivo de avance: \_\_\_\_\_  
 Reguladora: \_\_\_\_\_ rev/mínimo (según especificación del fabricante)  
 Rango máximo del dispositivo de avance: \_\_\_\_\_  
 Espacio entre platinos del distribuidor: \_\_\_\_\_

**7.8 Bujías**

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Cantidad por cilindro: \_\_\_\_\_ Espacio entre electrodos: \_\_\_\_\_

**7.9 Bobina de encendido**

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Cantidad: \_\_\_\_\_

**7.10**

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Cantidad: \_\_\_\_\_

**7.11 Supresor de interferencia**

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

**7.12 Sistema de admisión**

Múltiple de admisión: \_\_\_\_\_ Descripción: \_\_\_\_\_  
 Filtro de aire: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Silenciador de entrada: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_  
 Depresión máxima a flujo máximo en la admisión, recomendada por el fabricante: KPa

(Continua)

**7.13 Transmisión de válvulas**

Tipo: \_\_\_\_\_ Breve descripción: \_\_\_\_\_  
 Ajuste de válvulas: \_\_\_\_\_ Calibración: \_\_\_\_\_  
 Espacio libre: \_\_\_\_\_

**7.14**

Breve descripción: \_\_\_\_\_  
 Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

**7.15 Dispositivo de calentamiento por inducción**

Tipo: \_\_\_\_\_ Breve descripción: \_\_\_\_\_

**7.16 Sistema de escape**

Tubos y otros componentes normalizados  sí  
 no

Descripción breve: \_\_\_\_\_

Tubo: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

Silenciador: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

**7.17 Sistema de refrigeración****7.17.1 Sistema de refrigeración por líquidos**

Clase de líquido: \_\_\_\_\_

Bomba: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_ Relación de transmisión: \_\_\_\_\_

Termostato: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_ Ajuste: \_\_\_\_\_

Radiador: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

Válvula de presión: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

Ventilador: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

Transmisión del ventilador: \_\_\_\_\_ Relación de transmisión: \_\_\_\_\_

Protector de ventilador:  sí  no

**7.17.2 Sistema de refrigeración por aire**

Ventilador: Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_ Rel. trans.: \_\_\_\_\_

Ductos de aire normalizados  sí  no

Ventilador auxiliar para banco de pruebas:  sí  no

Sistema de regulación de temperatura:  sí  no Descripción: \_\_\_\_\_

(Continua)

7.18 Refrigeración de aceite: si  no

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

**7.19 Equipo eléctrico**

Generador:

Alternador:

Fabricante: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_ No. de serie: \_\_\_\_\_

7.20 Equipo de anti - contaminación - Breve descripción: \_\_\_\_\_

7.21 Otros equipos: (enumerar, con descripción si es necesario).

**7.22 Condiciones específicas del ensayo**

Presión barométrica: \_\_\_\_\_ K Pa

*(Continua)*

## APENDICE Z

### Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no necesita de otras para su aplicación.

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 1585. *Road vehicles. Engine test code. Net power.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1974.

ISO 3173. *Road vehicles. Aparatus for measurement of de opacity of eshaust gas from diesel engines operating under steady state conditions.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1974.

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 960	<b>TÍTULO: VEHICULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA NETA DEL MOTOR</b>	<b>Código:</b> MC 04.01-301
-----------------------------------	---	--------------------------------

ORIGINAL:

Fecha de iniciación del estudio: 1977-06-24

REVISIÓN:

Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo  
 Oficialización con el Carácter de  
 Por Acuerdo No. de  
 Publicado en el Registro Oficial No. de  
 Fecha de iniciación del estudio:

Fechas de consulta pública: de 1981-03-16 a 1981-04-30

La Dirección General del INEN, dispuso la elaboración de esta Norma de especial importancia en el campo de la industria Automotriz.

No hubo Subcomité Técnico, por considerarlo así la Dirección General

Subcomité Técnico:

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación:

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

---

 Otros trámites:

---

 El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1983-04-21

---

 Oficializada como: Opcional  
 Registro Oficial No. 697 de 1984-03-07

---

 Por Acuerdo Ministerial No. 73 de 1984-02-07

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [furresta@inen.gov.ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenquayas@inen.gov.ec](mailto:inenquayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
[URL:www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**

## APÉNDICE 2

### NORMAS NACIONALES PARA MÉTODOS DE PRUEBAS NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 203:99

#### GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTÍ" PRUEBA ESTÁTICA.

##### 1. OBJETO

1.1. Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralentí".

##### 2. ALCANCE

2.1. Esta norma se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina.

##### 3. DEFINICIONES

3.1. Par los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2204, y las que a continuación se detallan:

*3.1.1. Aislamiento electromagnético.* Característica del equipo de medición que impide la alteración en sus lecturas por causa de radiaciones electromagnéticas externas.

*3.1.2. Calibración de un equipo de medición.* Operación destinada a llevar un instrumento de medida al estado de funcionamiento especificado por el fabricante para su utilización.

*3.1.3. Motor de encendido por chispa.* Es aquel en el cual la reacción de la mezcla aire/combustible se produce a partir de un punto caliente, generalmente una

chispa eléctrica,

*3.1.4. Gas patrón.* Gas o mezcla de gases de concentración conocida, certificada por el fabricante del mismo, y que se emplea para la calibración de equipos de medición de emisiones de escape.

*3.1.5. Autocalibración.* Es la rutina en la cual el equipo verifica el funcionamiento óptimo de todos sus componentes instrumentales y realiza una comparación con los patrones internos incorporados por el fabricante del mismo.

*3.1.6. Exactitud.* Grado de concordancia (la mayor o menor cercanía) entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

*3.1.7. Repetitividad.* Grado de concordancia de resultados de sucesivas mediciones de la misma variable, realizadas en iguales condiciones de medida.

*3.1.8. Tiempo de respuesta del equipo de medición.* Es el período en segundos que el equipo requiere para medir y entregar los resultados de los ensayos realizados.

*3.1.9. Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo.* Es el período en segundos entre el momento en que el equipo es energizado o encendido y el momento en que cumple con los requerimientos de estabilidad, para realizar la lectura de la variable.

*3.1.10. Sonda de prueba.* Tubo o manguera que se introduce a la salida del sistema de escape del vehículo automotor para tomar una muestra de las emisiones.

## **4. DISPOSICIONES GENERALES**

*4.1.* Los importadores y distribuidores de equipos de medición de emisiones deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base los equipos de medición a ser utilizados debe cumplir con la Internacional

Recomendación OIML R 99.

4.2. Los importadores y distribuidores están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral 4.1, a quienes adquieran los equipos.

4.3. La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para determinar la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralentí", prueba estática.

## **5. MÉTODO DE ENSAYO 5.1. Fundamento.**

5.1.1. El principio de operación se base en la absorción de luz infrarroja no dispersa de gases para la determinación de hidrocarburos, monóxido y dióxido de carbono.

5.1.1.1. El oxígeno se mide utilizando una celda de combustible (fuel cell). Esto no excluye el uso de equipos con otro principio de operación, siempre y cuando sean homologados.

## **5.2. Equipos**

5.2.1. Ver numeral 4, Disposiciones Generales.

5.2.2. Capacidad de autocalibración. Los equipos de medición deben tener incorporada la función propia de autocalibración, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el equipo es encendido, o manualmente cada vez que el usuario lo requiera.

5.2.3. Los equipos de medición deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido.

5.2.4. Los equipos deben contar con un tacómetro para la medición de las revoluciones del motor.

5.2.5. El equipo debe disponer de características de seguridad que garanticen la protección del operador.

### **5.3. Calibración**

5.3.1. La calibración del equipo se debe realizar siguiendo estrictamente las especificaciones de frecuencia del fabricante del equipo. En caso que éstas no estén disponibles, la calibración se debe realizar, como máximo, cada tres meses.

5.3.2. El equipo se debe calibrar luego de cada mantenimiento correctivo.

5.3.3. La calibración anterior es independiente de la autocalibración automática que realiza el equipo cada vez que es encendido.

5.3.4. El gas de calibración debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma ISO 6145. Este gas debe contar con una certificación emitida por el fabricante, de acuerdo con lo establecido en la norma anteriormente indicada.

### **5.4. Procedimiento de medición**

5.4.1. Antes de la prueba, realizar las verificaciones siguientes:

5.4.1.1. Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

5.4.1.2. Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

5.4.1.3. Revisar que la transmisión del vehículo esté en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).

5.4.1.4. Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación, y que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.

5.4.1.5. Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del

diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

5.4.1.6. Si el vehículo no cumple con las condiciones establecidas en el numeral 5.4.1.5, la prueba no se debe realizar hasta que se corrijan aquellas. 5.4.1.7. Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

5.4.1.8. Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

#### 5.4.2. *Medición*

5.4.2.1. Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o "ralentí".

5.4.2.2. Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o "ralentí" introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.

5.4.2.3. Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.

5.4.2.4. Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.

5.4.2.5. Si, por diseño, el vehículo tiene doble sistema de escape, medir por separado cada salida. El valor del resultado final será la mayor lectura registrada.

### **5.5. Informe de resultados**

5.5.1. El resultado final será la mayor lectura registrada de los valores de las lecturas obtenidas en el numeral 5.4.2.4.

La institución que realiza la prueba debe emitir un informe técnico con los resultados de la misma, adjuntando el documento de impresión directa del equipo de medición.