



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

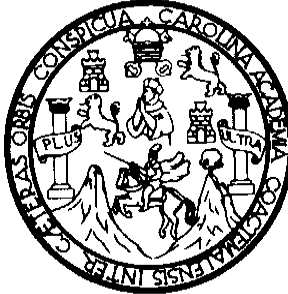
**FUNCIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN COMPONENTES UTILIZADOS EN LOS
SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE BOSCH EN MOTORES DE CICLO OTTO**

Juan Gabriel Morales Escobar

Asesorado por el Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres

Guatemala, febrero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FUNCIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN COMPONENTES UTILIZADOS EN LOS
SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE BOSCH EN MOTORES DE CICLO OTTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN GABRIEL MORALES ESCOBAR

ASESORADO POR EL ING. BYRON GIOVANNY PALACIOS COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

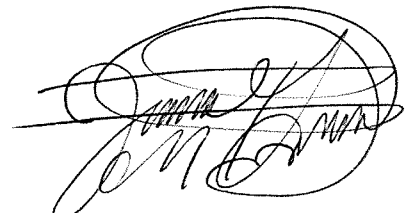
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Sergio Torres Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

FUNCIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN COMPONENTES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUISTIBLE BOSCH EN MOTORES DE CICLO OTTO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha enero de 2011.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Gabriel Morales Escobar', enclosed within a large, loopy circular flourish.

Juan Gabriel Morales Escobar



Guatemala, 23 de septiembre de 2013

Ingeniero

Roberto Guzmán Ortiz

Coordinador de Área Térmica

Respetable ingeniero.

Deseo informarle que he revisado el trabajo de graduación del estudiante JUAN GABRIEL MORALES ESCOBAR con carné 200212532 titulado "FUNCIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN COMPONENTES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE BOSCH EN MOTORES DE CICLO OTTO" y a mi criterio dicho trabajo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo según el protocolo y se encuentra finalizado satisfactoriamente.

Por lo que me permito emitir la presente en mi calidad de Asesor de trabajo de graduación.

Sin otro particular me suscribo

Cordialmente.

Ingeniero:

Byron Giovanni Palacios Colindres

Colegiado No. 5641

Asesor de trabajo de graduación

Ing. Byron G. Palacios C.
Colegiado No. 5641



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

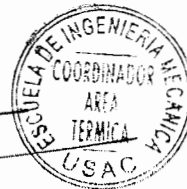
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.272.2014

El Coordinador del Área Térmica, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **FUNCIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN COMPONENTES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE BOSCH EN MOTORES DE CICLO OTTO**. Del estudiante **Juan Gabriel Morales Escobar**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzman Ortiz
Coordinador del Área Térmica
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, Octubre de 2014.



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.47.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Diseño, del trabajo de graduación titulado **FUNCIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN COMPONENTES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE BOSCH EN MOTORES DEL CICLO OTTO**, del estudiante **Juan Gabriel Morales Escobar**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MA. Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero de 2015



DTG. 055.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **FUNCIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN COMPONENTES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE BOSCH EN MOTORES DE CICLO OTTO**, presentado por el estudiante universitario **Juan Gabriel Morales Escobar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Rénos
Decano



Guatemala, 11 de febrero de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida, la fuerza y la sabiduría para seguir adelante y nunca rendirme hasta culminar mis estudios.
- Mis padres** Julio Morales y Juana Escobar, por guiarme con sus consejos y su apoyo moral y económico a lo largo de toda mi vida como estudiante; por alentarme siempre a seguir adelante hasta graduarme.
- Mis hermanos** Shirlems, Mershell, Julio y Evan Morales; por estar presentes y brindarme su apoyo.
- Mi novia** Violeta Soto, por su amor incondicional, apoyo y comprensión.
- Mis compañeros de estudio y amigos** Josué Chávez, Jorge Hernández, Daniel Rodríguez, José Beltrán, Erick Barrera, Gustavo Velásquez, Elmer Vatzín, José Orosco, Ángel Granados, Rafael Guacamaya y Diego Monroy, por su apoyo en cada uno de los cursos que llevamos juntos a lo largo de toda la carrera y por animarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me dio la oportunidad de lograr mi sueño de ser profesional universitario.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme todos los conocimientos necesarios para responder a las demandas del mundo industrial.
Ing. Byron Palacios	Por guiarme en el desarrollo de mi trabajo de graduación.
Ing. Oscar Marcelo Díaz	Por motivarme a continuar con mis estudios universitarios.
Ing. Leonidas Morales	Por ser una importante influencia en mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO.....	XVII
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Historia de la inyección de combustible.....	1
2. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE K-JETRONIC.....	11
2.1. Componentes del sistema K-Jetronic.....	13
2.1.1. Tanque de combustible.....	13
2.1.2. Filtro del tanque	13
2.1.3. Prebomba	14
2.1.4. Bomba de combustible	15
2.1.5. Acumulador de combustible	16
2.1.6. Filtro de combustible	17
2.1.7. Distribuidor de combustible.....	18
2.1.8. Regulador de presión del sistema	20
2.1.9. Regulador de presión de control (regulador de calentamiento).....	21
2.1.10. Inyectores	22
2.1.11. Inyector de arranque en frío	23
2.1.12. Válvula de aire auxiliar.....	24

2.1.13.	Derivación de aire en marcha mínima	25
2.1.14.	Sensor de flujo de aire	25
2.2.	Ajustes en la afinación del sistema K-Jetronic	26
2.2.1.	Altura de reposo de la placa del sensor de flujo de aire.....	27
2.2.2.	Centrado de la placa del sensor de flujo de aire	27
2.2.3.	Ajuste de aire mínimo	27
2.2.4.	Ajuste de la velocidad máxima de marcha en vacío.....	28
2.2.5.	Ajuste del CO (monóxido de carbono).....	28
2.3.	Pruebas a componentes y localización de fallas en el sistema	29
2.3.1.	Conexión del medidor de presión de combustible	29
2.3.1.1.	Especificaciones del relevador de la bomba de combustible	30
2.3.1.2.	Análisis de las pruebas de presión	37
2.3.2.	Localización de fallas en el sistema K-Jetronic, según los síntomas	41
2.3.2.1.	El estárter funciona pero el motor no arranca.....	42
2.3.2.2.	Problemas de arranque en caliente.....	43
2.3.2.3.	Motor con marcha mínima áspera cuando está frío	44
2.3.2.4.	Motor con marcha mínima áspera cuando está caliente	45
2.3.2.5.	El motor se para de inmediato, después del arranque en caliente.....	45
2.3.2.6.	Velocidad de marcha en vacío demasiado alta y no se puede ajustar	46

2.3.2.7.	El motor petardea en el múltiple de admisión	46
2.3.2.8.	El motor falla bajo carga	46
2.3.2.9.	Problemas de baja potencia	47
2.3.2.10.	Haloneo o tambaleo en la aceleración ...	47
2.3.2.11.	Dieselización del motor.....	48
2.3.2.12.	Consumo excesivo de combustible.....	48
3.	INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE K-JETRONIC CON SENSOR DE OXÍGENO (SENSOR LAMBDA)	49
3.1.	Componentes adicionales del sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno	50
3.1.1.	Sensor de oxígeno	50
3.1.2.	Válvula de frecuencia	51
3.1.3.	Interruptor térmico.....	53
3.1.4.	Interruptor del acelerador.....	53
3.2.	Ajustes en la afinación del sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno.....	54
3.3.	Prueba a componentes y localización de fallas en el sistema.....	54
3.3.1.	Prueba del sensor de oxígeno	54
3.3.2.	Prueba de la válvula de frecuencia	55
3.3.3.	Prueba del interruptor térmico.....	55
3.3.4.	Prueba del interruptor del acelerador.....	56
3.4.	Localización de fallas en el sistema K-Jetronic Según los síntomas	60
4.	INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE KE-JETRONIC	61
4.1.	Componentes del sistema KE-Jetronic.....	63

4.1.1.	Válvula de aceleración.....	63
4.1.2.	Sensor de flujo de aire.....	63
4.1.3.	Válvula de aire de velocidad de marcha mínima.....	64
4.2.	Componentes eléctricos.....	65
4.2.1.	Válvula de arranque en frío, interruptor termo-tiempo	65
4.2.2.	Válvula de aire auxiliar.....	66
4.2.3.	Relevador de potencia.....	67
4.3.	Componentes electrónicos.....	67
4.3.1.	Potenciómetro del sensor de flujo de aire	67
4.3.2.	Actuador electrohidráulico.....	67
4.3.3.	Sensor de la temperatura del refrigerante.....	68
4.3.4.	Interruptor del acelerador.....	69
4.3.5.	Sensor de oxígeno	69
4.4.	Cómo funciona el sistema CIS-E	70
4.5.	Ajustes del sistema KE-Jetronic	72
4.5.1.	Potenciómetro del sensor de flujo de aire	73
4.5.2.	Compartimiento de la válvula del acelerado.....	73
4.5.3.	Interruptor del acelerador.....	73
4.6.	Localización de fallas en el sistema KE-Jetronic	74
4.6.1.	Verificando el estado del motor.....	74
4.6.2.	Medición de la presión de combustible	74
4.6.3.	Medición de la presión de reposo.....	76
4.6.4.	Medición de volumen de combustible entregado por la prebomba.....	77
4.6.5.	Medición del flujo de la bomba principal	77
4.6.6.	Prueba de igualdad de flujo en inyectores	77

5.	INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE D-JETRONIC.....	79
5.1.	Sensores.....	81
5.1.1.	Platinos de disparo.....	81
5.1.2.	Sensor de temperatura I.....	82
5.1.3.	Sensor de temperatura II.....	83
5.1.4.	Interruptor del acelerador.....	85
5.1.5.	Sensor de presión	86
5.1.6.	Unidad electrónica de control (ECU)	87
5.2.	Componentes del sistema de combustible.....	88
5.2.1.	Filtro del tanque de combustible.....	88
5.2.2.	Bomba de combustible.....	89
5.2.3.	Filtro de combustible.....	90
5.2.4.	Regulador de presión de combustible.....	91
5.2.5.	Inyectores	91
5.2.6.	Riel de combustible.....	92
5.2.7.	Inyector de arranque en frío	93
5.3.	Componentes del sistema de aire	94
5.3.1.	Manguera de vacío del sensor de presión	94
5.3.2.	Válvula de aire auxiliar.....	94
5.3.3.	Derivación de aire en marcha mínima.....	96
5.3.4.	Ajustes en la afinación del sistema.....	96
5.3.5.	Ajuste en la presión de combustible.....	96
5.3.6.	Ajuste del tope del acelerador (velocidad mínima de marcha en vacío).....	97
5.3.7.	Ajuste de velocidad de marcha mínima.....	98
5.3.8.	Ajuste del interruptor del acelerador.....	98
5.3.9.	Ajuste de la relación aire combustible	99
5.4.	Localización de fallas del sistema D-Jetronic	100
5.4.1.	Pruebas de compresión.....	100

5.4.2.	Ajuste de las válvulas.....	101
5.4.3.	Fugas de vacío.....	101
5.4.4.	Sistema de encendido.....	102
5.4.5.	Presión de combustible	102
5.4.6.	No hay presión de combustible	105
5.4.7.	Pruebas de flujo de inyectores.....	105
5.5.	Prueba de componentes eléctricos y electrónicos.....	106
5.5.1.	Relevador principal.....	106
5.5.2.	Platinos de disparo.....	106
5.5.3.	Sensor de la temperatura I.....	107
5.5.4.	Sensor de la temperatura II	107
5.5.5.	Interruptor del acelerador.....	108
5.5.6.	Sensor de presión	108
5.5.7.	Circuito del inyector	109
5.5.8.	Sistema de arranque en frío	109
6.	INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE L-JETRONIC.....	111
6.1.	Sensores.....	112
6.1.1.	Medidor de flujo de aire	113
6.1.2.	Sensor de temperatura I.....	114
6.1.3.	Sensor de temperatura II	115
6.1.4.	Señal del tacómetro.....	116
6.1.5.	Interruptor del acelerador.....	116
6.1.6.	Sensor de oxígeno	117
6.1.7.	Unidad electrónica de control (ECU)	118
6.2.	Componentes del sistema de combustible	119
6.2.1.	Filtro del tanque	119
6.2.2.	Bomba de combustible.....	120
6.2.3.	Filtro de combustible.....	121

6.2.4.	Regulador de presión de combustible.....	122
6.2.5.	Inyectores	123
6.2.6.	Riel de combustible	124
6.2.7.	Inyector de arranque en frío	125
6.3.	Componentes del sistema de aire	125
6.3.1.	Medidor de flujo de aire.....	126
6.3.2.	Válvula de aire auxiliar	126
6.3.3.	Derivación de aire en marcha mínima	126
6.4.	Ajustes en la afinación del sistema L-Jetronic	127
6.4.1.	Ajuste de la presión del combustible	127
6.4.2.	Ajuste del tope del acelerador.....	127
6.4.3.	Ajuste del interruptor del acelerador.....	128
6.4.4.	Ajuste de la velocidad máxima de marcha en vacío.....	129
6.4.5.	Ajuste de la relación aire combustible.....	131
6.5.	Localización de fallas del sistema L-Jetronic	132
6.5.1.	Prueba de compresión	132
6.5.2.	Ajuste de las válvulas.....	133
6.5.3.	Fugas de vacío	133
6.5.4.	Sistema de encendido	133
6.5.5.	Presión de combustible	134
6.5.6.	Prueba del flujo en los inyectores	136
6.5.7.	Sistema de arranque en frío	137
6.6.	Prueba de componentes del sistema de inyección L-Jetronic	137
6.6.1.	Prueba del medidor de flujo de aire	138
6.6.2.	Prueba del sensor de temperatura I	139
6.6.3.	Prueba del sensor de temperatura II	140
6.6.4.	Prueba de la señal del tacómetro	142

6.6.5.	Ajuste del interruptor del acelerador	143
6.6.6.	Prueba del sensor de oxígeno	144
6.6.7.	Prueba de la válvula de aire auxiliar	145
7.	SISTEMA DE INYECCIÓN LH-JETRONIC.....	147
7.1.	Sensores	147
7.1.1.	Medidor de masa de aire.....	147
7.1.2.	Señal del tacómetro	149
7.1.3.	Sensor de temperatura del refrigerante	149
7.1.4.	Interruptor de vacío	151
7.1.5.	Sensor de posición del acelerador (TPS).....	151
7.1.6.	Sensor de oxígeno	152
7.1.7.	ECU (unidad electrónica de control)	153
7.2.	Componentes del sistema de combustible	154
7.2.1.	Filtro del tanque de combustible	154
7.2.2.	Bomba de combustible	154
7.2.3.	Filtro de combustible.....	155
7.2.4.	Regulador de presión de combustible.....	155
7.2.5.	Inyectores de combustible.....	157
7.2.6.	Riel de combustible.....	157
7.3.	Componentes del sistema de aire	158
7.3.1.	Sensor medidor de masa de aire.....	158
7.3.2.	Válvula de aire auxiliar	159
7.3.3.	Estabilizador de marcha mínima en vacío	159
7.3.4.	Derivación de aire de marcha mínima	160
7.4.	Ajustes en la afinación del sistema LH-Jetronic	160
7.4.1.	Ajuste de la presión del combustible	160
7.4.2.	Ajuste del tope del acelerador (velocidad mínima de marcha en vacío).....	161

7.4.3.	Velocidad mínima de marcha en vacío (aplicaciones con estabilizador de marcha mínima en vacío o válvula IAC)	161
7.4.4.	Ajuste del sensor de la posición del acelerador (TPS)	161
7.5.	Localización de fallas del sistema LH-Jetronic	162
7.5.1.	Prueba de compresiones	162
7.5.2.	Ajuste de las válvulas	162
7.5.3.	Fugas de vacío	162
7.5.4.	Sistema de encendido	163
7.5.5.	Presión de combustible	163
7.5.6.	Prueba de flujo de inyectores	164
7.6.	Prueba de componentes del sistema LH-Jetronic	164
7.6.1.	Prueba del medidor de masa de aire	165
7.6.2.	Prueba del sensor de la temperatura del refrigerante	165
7.6.3.	Prueba de la señal del tacómetro.....	166
7.6.4.	Prueba del sensor de la posición del acelerador (TPS)	166
7.6.5.	Prueba del sensor de oxígeno	167
CONCLUSIONES.....		169
RECOMENDACIONES.....		171
BIBLIOGRAFÍA.....		175
ANEXOS.....		177

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Filtro del tanque de combustible	14
2.	Prebomba de combustible.....	15
3.	Bomba de combustible.....	16
4.	Interior y exterior de un acumulador de combustible.....	17
5.	Filtro de combustible.....	18
6.	Distribuidor de combustible.....	20
7.	Regulador de calentamiento.....	22
8.	Inyector de combustible.....	23
9.	Inyector de arranque en frío.....	24
10.	Válvula de aire auxiliar	25
11.	Sensor de flujo de aire	26
12.	Diseño didáctico de sistema de inyección KE-Jetronic.....	61
13.	Esquema de un sistema KE-Jetronic.....	62
14.	Sensor de flujo de aire.....	64
15.	Válvula de aire de velocidad de marcha mínima	65
16.	Diagrama de la válvula de arranque en frío.....	66
17.	Actuador electrohidráulico	68
18.	Interruptor del acelerador.....	69
19.	Sensor de oxígeno.....	70
20.	Esquema de un sistema de inyección de combustible D-Jetronic.....	79
21.	Sensor de temperatura I.....	82
22.	Sensor de temperatura II	84
23.	Interruptor del acelerador.....	85

24.	Sensor de presión	86
25.	Unidad electrónica de control (ECU)	88
26.	Filtro del tanque del combustible.....	89
27.	Bomba de combustible	90
28.	Filtro de combustible.....	91
29.	Riel de combustible	93
30.	Inyector de arranque en frío.....	94
31.	Válvula de aire auxiliar.....	95
32.	Esquema de un sistema de inyección L-Jetronic.....	111
33.	Medidor de flujo de aire	113
34.	Sensor de temperatura del aire de admisión	114
35.	Sensor de temperatura del refrigerante.....	116
36.	Interruptor del acelerador.....	117
37.	Sensor de oxígeno	118
38.	Unidad electrónica de control L-Jetronic.....	119
39.	Filtro del tanque de combustible	120
40.	Bomba de combustible.....	120
41.	Filtro de combustible.....	121
42.	Regulador de presión de combustible	123
43.	Inyectores.....	124
44.	Riel de combustible	124
45.	Medidor de masa de aire	149
46.	Sensor de temperatura del refrigerante.....	150
47.	Sensor de posición del acelerador (TPS)	152
48.	Sensor de oxígeno	153
49.	Filtro de combustible.....	155
50.	Regulador de presión de combustible	156
51.	Inyectores.....	157
52.	Riel de combustible.....	158

TABLAS

I.	Aplicaciones del sistema de inyección K-Jetronic	12
II.	Indicaciones de presión de control en frío.....	33
III.	Indicaciones de la presión del sistema	34
IV.	Presión de control en caliente.....	35
V.	Presión de reposo.....	36
VI.	Flujo de combustible en el tubo de retorno	40
VII.	Aplicaciones para la inyección de combustible K-Jetronic con sensor de oxígeno	49
VIII.	Guía de medición del ciclo útil de la válvula de frecuencia.....	52
IX.	Presión de control en frío.....	56
X.	Presión del sistema	57
XI.	Presión de control en caliente.....	58
XII.	Presión de reposo.....	58
XIII.	Flujo de combustible en el tubo de retorno.....	59
XIV.	Aplicación del sistema KE-Jetronic.....	63
XV.	Aplicaciones para la inyección de combustible D-Jetronic	80
XVI.	Especificaciones de afinación para algunos vehículos con inyección de combustible D-Jetronic	99
XVII.	Lista de algunos vehículos que utilizan el sistema de inyección L-Jetronic	112
XVIII.	Especificaciones de velocidad máxima de marcha en vacío.....	129
XIX.	Resistencia del sensor de flujo de aire del sistema L-Jetronic	138
XX.	Conexiones de prueba del sensor de temperatura I	140
XXI.	Resistencia y temperatura del sensor de temperatura II.....	141
XXII.	Especificaciones de las terminales del tacómetro en el arnés de la ECU.....	142

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
c.c.	Centímetros cúbicos
NTC	Coeficiente negativo de temperatura
MPC	Control de presión en el múltiple
CD	Corriente directa
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
Hz	Hertz
λ	Letra griega <i>lambda</i>
CO	Monóxido de carbono
%	Porcentaje
Rpm	Revolución por minuto

GLOSARIO

Amperio	El amperio o ampere es la unidad de intensidad de corriente eléctrica.
Arnés	Conjunto de cables que comunican a la computadora de sistema de inyección con cada uno de los sensores y actuadores del sistema.
Bimetal	Es un resorte o tira hechos de dos metales diferentes, con valores de expansión térmica diferentes. Una temperatura creciente causa que un elemento bimetal se doble o fuerce hacia un lado cuando está frío y hacia el otro cuando está caliente.
Bujía	Elemento encargado de permitir el salto de una chispa eléctrica en el interior de la cámara de combustión de un motor a gasolina. Está formado por un cuerpo metálico que se rosca en la culata y que tiene unido el electrodo de masa. Por el interior del cuerpo se coloca el electrodo positivo recubierto por un aislante cerámico. Los extremos positivos del electrodo están descubiertos; el superior para permitir la conexión con el cable que viene de la bobina y por el inferior para permitir el salto de la chispa al electrodo negativo.

Campo magnético	Es la zona o espacio en el que un imán ejerce su fuerza de atracción sobre otros objetos.
Canister	Filtro de carbón activo para hidrocarburos. Es uno de los componentes del sistema de recirculación de gases de hidrocarburos.
Chasis	Estructura donde se sujetan las suspensiones de un vehículo y soporta a la carrocería.
Cigüeñal	Pieza clave de un motor. Sirve para transformar (junto con la biela) el movimiento lineal del pistón en rotatorio, que luego pasa al sistema de transmisión.
Combustión	Inflamación de la mezcla aire combustible gracias a la chispa producida por una bujía.
Conmutador	Dispositivo de los aparatos eléctricos y electrónicos, que sirve para que una corriente cambie de conductor.
Diafragma	Dispositivo que intercepta la comunicación entre dos partes de un conjunto, aparato o sistema. La función de un diafragma consiste en moverse cada vez que se le aplica vacío en uno de sus lados. Es común el uso de un diafragma para activar actuadores, como un módulo de transmisión, una válvula EGR; o un avanzador de tiempo que se usa en algunos distribuidores; sin olvidar su uso en los carburadores.

Dieselización	Una condición en un motor a gasolina, en que el calor en la cámara de combustión continúa encendiendo el combustible, después de poner en <i>off</i> la llave de encendido.
ECU	Unidad Electrónica de Control.
Fusible	Operador eléctrico que cuando sube en exceso la intensidad de un circuito, se calienta y se funde antes de que lo haga el circuito, cortando así el flujo de corriente que circula por él, protegiendo la instalación de un posible incendio.
Impedancia	La oposición total que un circuito ofrece al flujo de corriente, incluye la resistencia y reactancia, y se mide en ohmios.
<i>Lambda</i>	Expresa la relación, aire/combustible, en términos de relación estequiométrica, comparada con el contenido de oxígeno del escape. En la relación estequiométrica, cuando todo el combustible se quema con todo el aire en la cámara de la combustión, se dice que el contenido de oxígeno del escape está en $\lambda = 1$. Si hay exceso de oxígeno en el escape (una mezcla pobre) entonces λ es mayor que 1 ($\lambda > 1$); si hay un exceso de combustible en el escape (una escasez de aire-una mezcla rica), entonces λ es menor que 1 ($\lambda < 1$).

Metanol	Alcohol de metilo destilado de la madera, o hecho del gas natural. El alcohol es utilizado como materia prima en un amplio rango de procesos industriales y químicos.
Monoblock	Estructura fundamental del motor, de hierro fundido, donde se mueven los componentes motrices.
Monóxido de carbono	Es un gas dañino producido durante la combustión, presente en las emisiones de escape.
Ohmiómetro	Equipo electrónico que se utiliza para medir resistencia al paso de la corriente en un cable o circuito; puede ser de aguja o digital.
Petardeo	Combustión accidental de gases en el múltiple de admisión, o el múltiple de escape del motor.
Picos de voltaje	Un pico de voltaje es el incremento en el potencial eléctrico, más allá del nivel para el cual un aparato está diseñado.
Potenciómetro	Elemento eléctrico que permite variar su resistencia al paso de la corriente eléctrica en función de la posición del cursor. Este elemento se utiliza para informar a las computadoras de los vehículos (ECU) respecto de la posición de elementos que pueden moverse. Se suele emplear para detectar la posición del acelerador de la mariposa, del dosificador de

combustible (bombas diésel), de la apertura de válvulas, etc.

Relevador

Interruptor electromecánico que funciona, con base en un embobinado que se activa con una corriente de bajo amperaje; al suceder esto, el núcleo del relevador se imana y conecta un puente de corriente de un alambre a otro, sin tener contacto directo con él.

Solenoides

Es un actuador electromagnético que se compone de una bobina eléctrica, con el centro hueco y una placa de hierro en su interior, la cual se mueve hacia la bobina cuando se energiza. Los solenoides se usan para abrir inyectores de combustible y muchos otros actuadores de salida.

Tacómetro

Instrumento que mide las RPM del motor.

Termistor

Es un sensor resistivo de temperatura. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura.

Transductor

Dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, temperatura, dilatación, humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.

RESUMEN

Los sistemas de inyección de combustible surgieron de la búsqueda de una solución para reducir o eliminar la contaminación ambiental generada por los motores de los automóviles, la casa Bosch inició sus pruebas instalando en motores de ciclo Otto, un sistema de inyección completamente mecánico conocido como K-Jetronic, el cual no era asistido por una computadora.

El sistema K-Jetronic basaba su funcionamiento en el control de varias presiones que intervenían en el buen funcionamiento del sistema; este sistema generó resultados muy prometedores, por lo cual se siguió aplicando como sustituto del carburador; este sistema logró un mejor control de la relación-aire combustible que un sistema convencional de carburador.

Las normas de control de contaminación ambiental se fueron haciendo mucho más estrictas, los avances de las investigaciones tecnológicas permitieron que Bosch agregara un componente totalmente nuevo al sistema K-Jetronic; este componente era el sensor de oxígeno, un componente capaz de identificar la cantidad de oxígeno que circula por el sistema de escape como resultado de una combustión inapropiada; esto permitió que surgiera el sistema de inyección K-Jetronic con sensor de oxígeno.

La electricidad en el automóvil abrió paso para que la electrónica iniciara su participación en el área automotriz, lo que permitió grandes avances; esto dio como resultado el origen de los sistemas de inyección controlados electrónicamente.

Surgió el sistema KE-Jetronic, en el cual muchos de sus componentes seguían siendo los del sistema original K-Jetronic, con la variación de que incluía una computadora y otros componentes electrónicos que ayudaban a obtener un mejor control de las necesidades del motor.

La señal del sensor de oxígeno, el potenciómetro del plato sonda y de otros sensores es recibida por la computadora y esta controla el regulador electrohidráulico para regular la mezcla aire-combustible, permitiendo un mejor desempeño y rendimiento del motor.

El sistema D-Jetronic incluía un sensor de presión en el múltiple de admisión, el cual detecta cuál es la carga del motor; también incluye un juego de platinos que sincronizan los inyectores con el giro del motor, el sistema D-Jetronic fue el primer sistema electrónico de inyección de combustible fabricado en masa.

Debido a que el sistema D-Jetronic es muy sensible a los problemas de desgaste del motor, la casa Bosch diseñó el sistema L-Jetronic el cual incluye un sensor medidor de flujo de aire compuesto por una aleta móvil unida a un potenciómetro, que es menos sensible al desgaste del motor; este sistema es tan eficiente que se empezó a utilizar en gran cantidad de marcas de vehículos fabricados fuera de los Estados Unidos.

La fabricación del sistema L-Jetronic abrió paso a su sucesor el sistema LH-Jetronic, cuya única variación es la sustitución del medidor de flujo de aire por un medidor de masa de aire, el cual elimina el uso de partes mecánicas susceptibles a la corrosión y el desgaste.

OBJETIVOS

General

Determinar y describir el funcionamiento y localización de fallas en componentes utilizados en los sistemas de inyección de combustible Bosch en motores de ciclo Otto.

Específicos

1. Obtener la capacidad para reconocer cada uno de los diferentes sistemas de inyección de combustible.
2. Conocer el funcionamiento mecánico, eléctrico y electrónico de los componentes de los distintos sistemas de inyección de combustible.
3. Poder diagnosticar de forma acertada un componente mecánico, eléctrico o electrónico de un sistema de inyección de combustible.

INTRODUCCIÓN

La inyección de combustible ha tomado auge en vista de que los motores equipados con un sistema de inyección de combustible tienen más ventajas que los motores equipados con carburador. Debido a que en años pasados no existía ninguna ley que regulara la contaminación del medio ambiente, los motores a gasolina venían equipados con un poderoso carburador que les permitía alcanzar grandes velocidades y gran torque consumiendo grandes cantidades de combustible.

Los carburadores no son capaces de proporcionar al motor una mezcla aire-combustible adecuada, lo que provoca grandes emisiones de contaminantes, los cuales son expulsados al medio ambiente hasta el grado de que actualmente gran parte del aire, agua y tierra de nuestro planeta están contaminados.

El deterioro del medio ambiente es tan grande que en muchos países desarrollados desde los años ochenta se ha iniciado un proceso de regulación de contaminación del medio ambiente, y debido a que los vehículos son los principales causantes de contaminación del aire, los fabricantes, motivados por la protección del medio ambiente, optaron por la búsqueda de nuevos sistemas que proporcionen a los motores la mezcla aire-combustible, necesaria para su buen funcionamiento y a la vez reducir las emisiones de gases contaminantes.

La búsqueda de la perfecta relación aire-combustible ha llevado a los fabricantes a diseñar sistemas de inyección de combustible cada vez más complicados y en la actualidad, con la ayuda de la electrónica que ha llegado a

ser parte importante del área automotriz, se han diseñado sistemas de inyección de combustible que han proporcionado buenos resultados hasta el punto de reducir las emisiones de gases contaminantes en grandes porcentajes, en comparación con aquellos niveles de gases contaminantes emitidos por un motor equipado con carburador.

1. ANTECEDENTES

1.1. Historia de la inyección de combustible

La inyección de combustible ha recorrido un largo camino durante los últimos veinte años, pero su historia se remonta a los primeros días del carburador. Así como las razones más convincentes para utilizar la inyección de combustible tienen que encontrarse en las desventajas del carburador moderno, la falta de refinamiento y la versatilidad de los antiguos carburadores prepararon el campo para hacer los primeros experimentos con inyección de combustible; los orígenes de la inyección de combustible no pueden desligarse de la historia del carburador y la evolución de los combustibles para motor.

La ciencia de los carburadores comenzó en 1795, cuando Robert Street logró la evaporación de la trementina y el aceite de alquitrán de hulla en un motor tipo atmosférico (un motor que trabaja sin compresión de la carga). Pero no fue sino hasta 1824 cuando el inventor norteamericano Samuel Morey junto con el abogado de patentes inglés, Erskine Hazard, crearon el primer carburador (también para un motor tipo atmosférico). Su método de funcionamiento incluía un precalentado para favorecer la evaporación.

En 1825 se dio un paso importante en el camino hacia la destilación del petróleo ligero y se obtuvo una sustancia que llamaron gasolina; en ese tiempo el químico y físico inglés Michael Faraday experimentaba la evaporación de combustibles líquidos de hidrocarburos; al destilar el petróleo descubrió el bencol, al que llamó bicarbonato de hidrógeno.

En 1833, el profesor de química Eilhard Mitscherlich, en la Universidad de Berlín, dio el segundo paso, que fue el último, cuando logró la separación de los ácidos benzoicos por calor; después de ese proceso surgió un nuevo producto, un combustible ligero que llamo benzina (en la terminología americana: gasolina). El mundo se encontraba todavía lejos de darle un uso práctico a la gasolina como energía para mover un motor, pero se acercaba a la meta en 1838, cuando se otorgó a William Barnett, un mecánico inglés una patente por un dispositivo para evaporar la gasolina; con este invento, Barnett intentaba utilizar la gasolina en el motor de compresión con el cual estaba experimentando.

En 1841 avanzó más el principio de la evaporación debido al científico Italiano Luigi de Cristoforis, quien construyó el motor de tipo atmosférico, sin pistones, equipado con un carburador en la superficie, en el cual una corriente de aire se dirige sobre el tanque de combustible para recoger los vapores del mismo.

De 1848 a 1850, el estadounidense, doctor Alfred Drake experimentó en los motores de combustión, tratando de utilizar gasolina en lugar de gas; en el proceso hizo varios tipos de carburadores. En 1860, el inventor del motor Deutz de gas de cuatro tiempos, Nikolaus August Otto, comenzó a experimentar con un motor de combustión que tenía un dispositivo para evaporar combustibles líquidos de hidrocarburos. Otto ensayó el motor con una bencina mineral pero como no tuvo éxito se concentró en desarrollar y producir motores de gas, durante cierto tiempo. En 1865, Siegfried Marcus, de Viena, Austria, solicitó una patente para un carburador; su solicitud subrayó la sencillez de su dispositivo comparado con los generadores de vapor costosos y complicados que entonces existían.

En 1867, tanto Otto como Lenoir exhibieron los motores a gas en la feria mundial en París. Lenoir también exhibió un motor de petróleo con carburador, que aparentemente pasó desapercibido en ese tiempo.

En 1873 se descubrió un nuevo principio básico cuando Julios Hock, quien trabajaba en Viena, construyó un motor tipo atmosférico que quemaba petróleo equipado con una forma primitiva de carburador de rocío; sin embargo, la superioridad del carburador de rocío sobre el carburador de superficie no fue inmediatamente aparente.

George Brayton comenzó a producir motores en Boston en 1874 y los equipos con carburadores de superficie de su propio diseño; en 1875 Wilhelm Maybach fue el primero en convertir un motor a gas para que funcionara con gasolina; se encontraba un día en el taller cuando de pronto le vino la idea de cerrar el gas para ver qué sucedía al mantener un trapo mojado con gasolina a la entrada del múltiple. El motor funcionó hasta que el trapo casi se secó.

Eso lo llevó a inventar el carburador de mecha cuando más tarde lo popularizaron Frederick Williams y otros; era de tipo estático, en que la mecha absorbía el combustible en la parte que estaba sumergida y llevaba el combustible al aire en la parte expuesta; su primera aplicación en un automóvil fue en un carruaje con motor que condujeron en 1883-1884 Edouard Delamarc-Deboutteville y Leon Malandin, de Fontaine le Boug, Francia.

Fernand Forest un político mecánico inventor, ideó y construyó un carburador que incluía una cámara de flotador y una boquilla con rociador de combustible; esto lo adaptó a un nuevo motor que construyó en 1884.

En 1885 Otto logró finalmente los resultados que buscaba y que no había podido conseguir en 1860, con una variedad de combustible líquido de hidrocarburo, incluyendo gasolina y bencina minera, utilizando un carburador de superficie mejorado. En otoño de 1886 Carl Benz mejoró el carburador de superficie al agregarle una válvula de flotador para mantener un nivel constante de combustible.

En 1886, Maybach había inventado y probado su propio tipo de carburador con cámara de flotador; finalmente en 1892 planeó el carburador con rociador, que se convirtió en la base de todos los carburadores que se inventaron posteriormente. Maybach nunca dejó de investigar cuáles serían las mejores formas de mezclar el combustible con el aire; en 1894 solicitó una nueva patente para un carburador de rocío, en el que el combustible se suministraba en forma de boquilla de regadera con cabezal rociador, que se abastecía de una taza de flotador que mantenía un nivel constante.

El primer carburador de dos gargantas apareció en 1901, y fue invento de un estadounidense llamado Krastin, quien declaraba que formaba consistentemente buena mezcla, sin importar el flujo masivo de aire.

En 1902, Arthur Krebs, director técnico de Panhard y Levassor en París, inventó un carburador de tres partes con desviación automática para el aire, a fin de reducir al mínimo las desviaciones de proporción ideal aire-combustible, aumentando la velocidad de flujo de gas; Krebs utilizó el vacío del múltiple para abrir la válvula y admitir aire adicional. Allá por 1905, el carburador había alcanzado ya su madurez básica, en ese año George Skinner patentó en Inglaterra el carburador de vacío constante el SU (*Skinner Union*), el cual se hizo popular y tuvo muchos imitadores.

En 1905 existía también un grupo de tecnología anterior en el área de inyección de combustible, su primera contribución fue la patente de un dispositivo para medir el aire comprimido que se otorgó a un francés llamado Eteve, en 1881. Este dispositivo no se acercaba mucho a un completo sistema de inyección, pero sí constituyó un elemento vital.

En 1883 apareció otro elemento, cuando se otorgó una patente alemana a Speil por un método para inyectar combustible nuevo a una cámara llena con flama, articulada a los cilindros. También en 1885, Edgard Butler realizó un motor con un sistema de inyección que forzaba el combustible bajo presión por una válvula de admisión con vástago hueco, sin embargo Butle nunca desarrolló su invento hacia una etapa práctica.

El primer empleo práctico de la inyección de combustible no se llevó a cabo en un automóvil, sino en un motor estacionario; el estadounidense Franz Burger, un ingeniero que trabajaba para la Charter Gas Engine Company de Sterling Illinois, desarrolló una inyección de combustible que empezó a producirse en 1887. En este sistema se alimentaba el combustible por gravedad desde el tanque y entraba al cuerpo inyector a través de una válvula de estrangulación, un émbolo era accionado por un mecanismo de balancín y barra de empuje desde una leva montada en un árbol corto; impulsado por un engrane desde el cigüeñal, la boquilla del inyector sobresalía en forma horizontal entrando al tubo vertical de admisión.

En Europa la primera aplicación exitosa se realizó en un motor estacionario hecho y ajustado para operar a velocidades constantes bajo carga constante, entre 1898 y 1901; la Deutz Gasmotorenfabrik construyó 300 motores estacionarios de un cilindro, con inyección de combustible a baja presión en el puerto de admisión, el combustible era keroseno y el equipo de

inyección comprendía una bomba de émbolo con válvulas de admisión y de presión separadas.

En 1912, Bosch convirtió un motor fuera de borda, de dos tiempos, a inyección de gasolina, utilizando una bomba de presión de aceite reconstruida, para inyectar el combustible antes de emprender un seguimiento organizado; este experimento quedó en el olvido cuando Bosch tuvo que reorganizar sus prioridades por las exigencias del ejército y la marina de Kaiser.

En 1914, Fritz Egersdorfer, un ingeniero que trabajaba en las Pallas Carburador Company de Berlín, inició una serie de experimentos con la inyección de combustible, pero también tuvo que hacer a un lado estos estudios para satisfacer las necesidades más urgentes de la guerra.

En 1930, el doctor Sachse, del ministerio de transporte, envió al DVL una orden para que desarrollara un sistema de inyección de combustible tipo avión, utilizando un cilindro de prueba BMW; este trabajo se llevó a cabo bajo la dirección del doctor Kart Schnauffer. Utilizando una bomba ordinaria de inyección de combustible que tenía un eje excéntrico, émbolos y lumbreras de rebose, DVL creó un motor de prueba en tiempo récord, también comenzó a investigar los detalles del diseño de inyección de boquilla y el sistema de control, poniendo a disposición de la industria sus valiosas conclusiones.

El primero de septiembre de 1931 se publicó un informe provisional que abarcaba las pruebas tanto con el motor BMW de un cilindro y el motor DKW (*autounión*) de dos tiempos: la inyección de combustible dio un promedio de 7 % de potencia por arriba de la carburación en el mismo cilindro BMW de cuatro tiempos, con una caída de 3 % en el consumo de combustible; los experimentos con motores de dos tiempos eran decepcionantes.

El siguiente contrato de DVL incluyó la conversión y prueba de un motor BMW de seis cilindros tipo V de avión, mostraba ganancias de potencia entre 10 % y 17 % en el dinamómetro a nivel de tierra; también se informó que se estaban haciendo pruebas con inyección directa durante la carrera de compresión, pero que se podía obtener más potencia y menos consumo de combustible mediante la inyección al ocurrir la carrera de admisión.

Después de esto Mercedes Benz, como fabricante líder de motores de avión, se vio forzado a investigar la inyección de combustible, en otoño de 1934. Mercedes Benz inició pruebas de una unidad de un solo cilindro con inyección directa y una bomba Bosch tipo diésel; inicialmente se utilizó un filtro estándar de aceite diésel como filtro de combustible, sin retén para la fuga de aceite.

Más tarde se diseñaron filtros especiales y se agregó un retén para las fugas de aceite; también se cambiaron las boquillas de un tipo de aguja que rociaba el combustible en la corona de pistón en un ángulo, por un diseño de múltiples barrenos; luego el único cilindro se incorporó a un monoblock V-12 designado como el DB601, con un desplazamiento de 33.8 millas por litro; este motor se produjo en 1937 con una potencia de arranque de 1200 hp; a partir de ese punto la inyección de combustible conquistó al mundo de la aviación.

En la década de los cincuenta se aceptó finalmente la inyección tipo lumbrera o puerto; en 1934 ya se había concedido patente para la inyección de nafta tipo lumbrera para el sistema de afinación de motor ED Winfield, pero pasó inadvertido por muchos años.

Otro sistema que patentó Octavio Fuscaldo, ganador en 1927 del primer premio mil millas, fue utilizado por Alfa Romeo en una de sus participaciones de las mil millas de 1940. Camponi Aircraft Company desarrolló y produjo el sistema Fuscaldo, que consistía en una bomba rotativa, de engranajes que alimentaba combustible bajo presión por líneas individuales a cada lumbrera o puerto de admisión las boquillas de inyección tenían válvulas de presión que se habrían con electroimanes para rociar combustible de acuerdo con la necesidad del motor.

En el mundo inmediato de la posguerra, las patentes Winfield y Fuscaldo parecían condenadas al olvido, pero en 1949 apareció en Indianápolis un auto con el motor Offenhauser, de inyección de combustible. Stuart Haalborn ayudado por Hill Travers, inventó y desarrolló el sistema de inyección, era la inyección indirecta un diseño sencillo no complicado a diferencia de Winfield, un solo cuerpo de mariposa a cada lumbrera o puerto de admisión alimentaba el combustible de forma continua, a baja presión a las boquillas de rociado dentro de las áreas de las lumbreras; esto se conocía como inyección de flujo constante.

De 1952 a 1961, todos los autos de carrera tipo Indianápolis impulsados por motor Offenhauser utilizaban la inyección de combustible Stuart Hilborn, y Connaught adoptó el sistema para su auto *gran prix* de 1953 con gran éxito; viendo eso los constructores de autos de carrera europeos, comenzaron a buscar compañías proveedoras que desarrollaran sistemas competitivos. Lucas produjo un sistema exitoso para el Jaguar 1956 tipo D, que ganó el Le Mans; esto dio paso a la versión en serie, pero resultó tan caro que solo hubo un comprador: Maserati, para el 3500 GTI, a principios de 1961; Holley compró los derechos en Estados Unidos para la inyección de combustible Lucas en 1956, pero no encontró mercado.

El sistema Lucas era un sistema de inyección por lumbreras con suministro regulado, el combustible se bombeaba a un distribuidor a 100 psi por medio de una bomba eléctrica; el distribuidor medía el combustible de acuerdo con el flujo masivo de aire, como lo media al vacío del múltiple, y cuidaba el tiempo con un rotor impulsado mecánicamente, con lumbreras de salida para alimentar combustible a cada boquilla cuando la válvula se abría; la admisión de aire se controlaba con una válvula de estrangulamiento, deslizable, unida al acelerador.

Luego, la unidad distribuidora de combustible de rotor gemelo incorporaba un dispositivo mecánico para controlar la mezcla que respondía al vacío en *headers*, la cantidad de combustible suministrada por la bomba excedía siempre la demanda, el excedente se drenaba y regresaba al tanque; los rotores del distribuidor medidor eran impulsados a media velocidad del cigüeñal desde un árbol auxiliar, contenían lumbreras o puertos que coincidían con lumbreras de una camisa exterior, así como de una lanzadera hueca de distribución que se mueve de un lado a otro en el interior de los rotores, el movimiento de la lanzadera se efectuaba por medio de la presión de la línea de combustible desde la bomba.

La alineación de las lumbreras fue diseñada para conectar el barreno de la lanzadera con la línea de suministro y el tubo de aprovisionamiento a cada boquilla inyectora en la secuencia apropiada.

2. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE K-JETRONIC

El sistema K-Jetronic debe su inicial a la palabra alemana Kontinuerlinch, que significa continuo, así el sistema K se llama con frecuencia de inyección continua, o CIS; el CIS es un sistema mecánico que rocía combustible de forma continua a través de los inyectores, aunque esto pueda parecer un desperdicio de combustible, este se rocía con una relación mínima para proporcionar solo lo necesario para cada cilindro y así se dé la relación adecuada aire-combustible.

Cuando se cierra la válvula de admisión el combustible empieza a acumularse dentro del sistema de admisión que lleva a los cilindros, al abrirse la válvula de admisión resulta un volumen de aire que corre hacia el interior del sistema de admisión y hala el combustible hacia el interior de la cámara de combustión.

El sistema K-Jetronic fue introducido en 1974 como un reemplazo del sistema mecánico de inyección de combustible Bosch, tecnológicamente viejo, que se desarrolló en la década de los 30 y se refinó al principio de la década de los 70; aunque es sencillo localizar las fallas, muchos mecánicos lo consideran como un castigo.

Una característica de este sistema es que no es controlado por sistema electrónico; el control de la inyección es mediante la acción hidráulica del combustible que pasa a través del sistema.

Tabla I. **Aplicaciones del sistema de inyección K-Jetronic**

Audi	Dasher
Fox	Jetta
100	Rabbit
4000	Rabbit pick up
5000	Sirocco
BMW 320i	Volvo
Porsche	140
Turbo carrera	240
911 series	260
924	Mercedes-Benz
928	6.9 litros
Saab	280
99	450
900	
Volkswagen	

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

Para localizar fácilmente las fallas del sistema K, se deben comprender dos principios básicos de la hidráulica: las bombas no crean presión solo suministran un volumen, las restricciones deseadas y no deseadas en el sistema crean la presión, y cualquier restricción mantiene la presión a contracorriente de la restricción y provoca que la presión disminuya más abajo.

2.1. Componentes del sistema K-Jetronic

Los componentes del sistema K-Jetronic son utilizados para lograr una máxima eficiencia en el desempeño del motor; a continuación se hablará de cada uno de ellos.

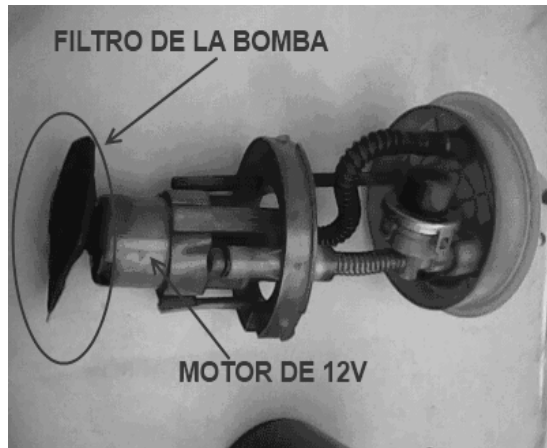
2.1.1. Tanque de combustible

En los sistemas electrónicos de inyección de combustible, el diseño del tanque, sin ser crítico es importante; a veces el 90 % o más del combustible bombéado pasará a través del compartimiento del motor, para ser calentado y retornado al tanque sin haber sido utilizado por el motor; este combustible caliente necesita combinarse con el combustible más frío asentado en el tanque. Para ese propósito el tanque de combustible del sistema K-Jetronic está diseñado para que sea angosto y profundo; el desvío alrededor del colector de combustible también reduce la posibilidad de carecer de combustible cuando el tanque tiene poca cantidad.

2.1.2. Filtro del tanque

Se encuentra localizado en el extremo del recolector de combustible o en la bomba dentro del tanque y es de tipo enchufe; este filtro es relativamente grande y está diseñado para evitar daños a la bomba por corrosión, residuos metálicos, polvo y arena. Cuando el filtro llega a taparse puede dar como resultado una pérdida de volumen, al punto en que la presión del sistema disminuirá, provocando una pérdida de potencia, vacilación y paro del motor.

Figura 1. **Filtro del tanque de combustible**



Fuente: www.autodaewoospark.com. Consulta: enero de 2014.

2.1.3. Prebomba

La prebomba se utilizó después de 1976, en la mayor parte de los modelos que no cuentan con una bomba principal en el tanque de combustible. El trabajo de esta prebomba es asegurar un volumen fijo de combustible a la bomba principal montada en el chasis y prevenir que se encierre el vapor.

La prebomba está separada de la bomba principal de combustible y en modelos 1976-1980 el fusible que la protege no se encuentra en el tablero de fusibles, más bien en una cubierta plástica debajo de la alfombra en la cajuela. Cuando falla el prebombeo, el síntoma más común será un haloneo o vacilación severa en marcha mínima en vacío, cuando el nivel de combustible esté por debajo del medio tanque, especialmente en días calurosos.

Figura 2. **Prebomba de combustible**



Fuente: laboratorio de electrónica automotriz, Intecap, zona 21, Guatemala.

2.1.4. Bomba de combustible

La bomba de combustible utilizada por el sistema K-Jetronic es eléctrica, de alta velocidad, de cilindros con aspas; este tipo de bomba entrega un volumen relativamente alto al sistema de combustible, permitiendo que el sistema mantenga una presión consistente y uniforme; la bomba puede estar situada en el tanque de combustible o en el chasis, si está en el tanque no existirá una prebomba.

Se utilizan dos sistemas diferentes de seguridad, dependiendo del modelo, para cortar el funcionamiento de la bomba en caso de una ruptura en la línea de combustible; en los modelos de 1974 a 1977 un interruptor de seguridad está localizado en el sensor de flujo de aire. Al ocurrir una ruptura en la línea de combustible, en un accidente por ejemplo, el motor se detendría; cuando esto sucede el aire deja de fluir hacia el motor y la placa del sensor de flujo de aire se detiene, aterrizando un interruptor que apaga un relevador de la bomba de combustible y cortando su funcionamiento; el problema con este sistema es que el motor debe detenerse.

En los últimos modelos se utiliza un relevador que controla la bomba; este recibe una señal del sistema de encendido primario; cuando el motor se apaga el sistema de encendido primario también se apaga, el relevador se apaga deshabilitando la bomba de combustible, por lo general un defecto en la bomba de combustible o en el sistema eléctrico se manifiesta como en un problema de no arranque en el motor.

Figura 3. **Bomba de combustible**



Fuente: laboratorio de electrónica automotriz, Intecap, zona 21, Guatemala.

2.1.5. Acumulador de combustible

El acumulador se encuentra cerca de la bomba de combustible; consiste en un diafragma con tensión de resorte en una lata y sirve para dos propósitos en el sistema de combustible: primero, el amortiguador suaviza las pulsaciones creadas por fluctuaciones de volumen de la bomba de combustible; su segundo trabajo es ayudar a mantener la presión en el sistema después de que el motor se apaga y la bomba de combustible deja de funcionar.

La falla más común del acumulador es la ruptura en el diafragma en la mayor parte de los modelos; si el diafragma se rompe, el combustible se fugará de regreso al acumulador. Algunas aplicaciones tienen una manguera que conecta el lado posterior del acumulador con el tanque. Si el diafragma del acumulador se rompe, la presión del sistema disminuirá al punto en que el motor se apaga y no vuelve a arrancar.

Figura 4. Interior y exterior de un acumulador de combustible



Fuente: laboratorio de electrónica automotriz, Intecap, zona 21, Guatemala.

2.1.6. Filtro de combustible

El filtro de combustible es importante para un sistema de inyección pero no así para el sistema CIS; los inyectores y el distribuidor de combustible tienen unos pequeños orificios, consecuentemente partículas muy pequeñas pueden acumularse, provocando obstrucción en el sistema.

El filtro de combustible en el sistema K- Jetronic está por lo general a la vista en el compartimiento del motor, pero suele suceder que no se haya cambiado desde que el automóvil salió de la fábrica. El filtro de combustible es la única protección real que el sistema de inyección tiene contra contaminación

interna del combustible sucio; se recomienda cambiar este filtro cada vez que se cambian bujías.

Figura 5. **Filtro de combustible**



Fuente: Chevrolet silverado, modelo 1999.

2.1.7. Distribuidor de combustible

El distribuidor de combustible es el corazón del sistema K-Jetronic; está dividido en dos conjuntos de cámaras: la inferior y la superior; estas cámaras están separadas por un diafragma delgado de acero inoxidable que sella un orificio que sobresale de la parte de arriba de la cámara superior.

Un resorte en la cámara superior aplica presión contra el diafragma, forzándolo a descender y abrir el orificio cuando las presiones se igualan en las cámaras superior e inferior; este par de cámaras se llama regulador diferencial de presión; existe un regulador diferencial de presión por cada cilindro del motor.

Con la bomba de combustible funcionando pero sin fluir aire al motor, la presión en la cámara inferior es 1.5 psi mayor que la de la cámara superior; este diferencial de presión trabaja contra la tensión del resorte en la cámara superior; en el centro del distribuidor de combustible se encuentra el cilindro de medición y en su interior, el pistón de control; un juego de agujeros en la posición inferior del cilindro permite que fluya el combustible a lo largo de un área estrecha en el pistón de control hacia la cámara superior.

Si no hay aire que fluya hacia dentro del motor, el pistón se encuentra en su posición más baja, impidiendo que fluya el combustible hacia la cámara superior.

A medida que la placa del sensor de flujo de aire es levantada por el aire que fluye al motor, el pistón de control también es levantado; al levantar el pistón, las ranuras de medición adyacentes a la porción superior del pistón de control están abiertas, permitiendo que fluya el combustible de la cámara inferior a la cámara superior.

Así las presiones en ambas cámaras se igualan, permitiendo que el resorte empuje el diafragma hacia abajo y que a su vez fluya combustible hacia los inyectores.

La cantidad de combustible que alcanzan los inyectores está determinada por el tiempo que el pistón de control ha estado levantado y por el tiempo que las ranuras de medición han permanecido abiertas.

Figura 6. **Distribuidor de combustible**



Fuente: www.Mbfac.com. Consulta: enero de 2014.

2.1.8. Regulador de presión del sistema

El regulador de presión del sistema se encuentra a un lado del distribuidor de combustible; su tarea principal es controlar la presión del sistema aproximadamente 5 bar (1 bar es aproximadamente 15 psi) con alguna variación de un modelo a otro; la tarea secundaria del regulador es cerrar la línea de retorno al tanque cuando el motor está apagado a fin de mantener una presión residual o de reposo.

El diseño del regulador de presión del sistema antes de 1978 no sellaba adecuadamente la presión de reposo; los sistemas posteriores utilizan una válvula de empuje con empaques de hule para incrementar la capacidad selladora. La presión del sistema se puede ajustar a un grado pequeño al agregar o retirar las alzas, alterando así la tensión del resorte en el regulador de presión, estas alzas no se tienen por lo general en existencia en la mayor parte de los negocios automotrices.

Una falla en el regulador de presión del sistema da como resultado una elevación o caída brusca en la presión del mismo; cualquier condición

provocará que el motor funcione con una mezcla demasiado pobre, los síntomas típicos incluyen el petardeo, paro del motor, funcionamiento brusco y escasa potencia.

2.1.9. Regulador de presión de control (regulador de calentamiento)

Existe un pequeño orificio en el diafragma de acero inoxidable que separa la cámara superior de la inferior en el distribuidor de combustible; este orificio permite que fluya combustible de la cámara inferior a la parte superior del pistón de control.

El regulador de presión de control verifica la presión en esta área, limitando el grado al cual el pistón de control se pueda levantar para una cantidad determinada de flujo de aire hacia el motor; al limitar el movimiento del pistón de control se limita a su vez el enriquecimiento de la mezcla aire-combustible.

Cuando el motor está frío, la presión de control será relativamente baja, (alrededor de 1,5 bar) permitiendo mayor movimiento del pistón de control y por tanto una mezcla más rica; a medida que el motor se calienta, la presión de control se incrementa (aproximadamente 3,5 bar), empobreciendo la relación aire-combustible.

Los defectos en el regulador de presión de control de combustible provocarán por lo regular problemas de arranque en frío, en caliente y funcionamiento brusco.

Figura 7. **Regulador de calentamiento**



Fuente: laboratorio de electrónica automotriz, Intecap, zona 21, Guatemala.

2.1.10. Inyectores

El sistema CIS utiliza inyectores de presión abierta, cuando la presión suministrada por la parte superior del distribuidor de combustible alcanza aproximadamente 3 bar (45 psi); los inyectores se abren y rocían de manera continua combustible por encima de la válvula de admisión; un pequeño disco situado justo arriba de la válvula del inyector vibra al pasar el combustible; esto ayuda a atomizarlo y es responsable del zumbido característico de los inyectores.

Estos inyectores son tan simples en su diseño, que nada puede funcionar mal en ellos, salvo cuando tienen obstrucciones o fugas; un inyector defectuoso dará como resultado una operación errática del motor, potencia pobre e incremento de consumo de combustible.

Figura 8. **Inyector de combustible**



Fuente: volswagen GTI modelo 1984.

2.1.11. Inyector de arranque en frío

También relacionada con la presión del sistema, esta es una válvula operada por solenoide, conocida como inyector de arranque en frío. Desde las primeras aplicaciones del sistema K-jetronic, hechas en motores de cuatro cilindros, la válvula de arranque en frío es llamada quinto inyector, se le sigue llamando así algunas veces, para aplicaciones de seis y ocho cilindros.

El inyector de arranque en frío recibe el voltaje de la batería siempre que esté acoplado el arrancador y esté aterrizado a través de un interruptor llamado termo-tiempo; el interruptor termo-tiempo está compuesto por dos metales sensibles a la temperatura; está diseñado para proporcionar una tierra al inyector de arranque en frío cuando la temperatura del motor es menor a 35 grados Celsius (°C); un segundo circuito en el interruptor es un elemento térmico eléctrico diseñado para calentar el elemento bimetálico mientras el motor arranca. En consecuencia, el inyector deberá operar solo cuando el motor está siendo arrancado y su temperatura es menor de 35 grados Celsius. Este funciona entre 5 y 12 segundos.

Dos de los síntomas más comunes de problema de inyector de arranque en frío son arranque difícil, cuando no trabaja, y fugas en el inyector, que puede causar una condición de funcionamiento con mezcla extremadamente rica.

Figura 9. **Inyector de arranque en frío**

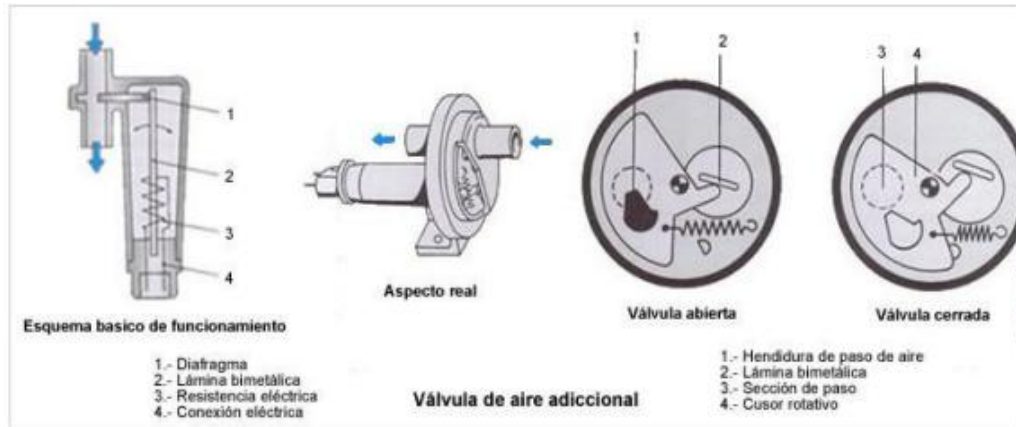


Fuente: inyector de volkswagen GTI, modelo 1984.

2.1.12. Válvula de aire auxiliar

La válvula de aire auxiliar se utiliza para permitir que dicho aire se desvíe a las placas del acelerador mientras el motor se está calentando, y así permitir una marcha mínima en vacío superior. La válvula consiste en un elemento bimetálico calentado eléctricamente; cuando el motor se arranca primero, la válvula se abrirá mientras funciona el motor y la válvula bimetálica es calentada por el elemento eléctrico, cerrando poco a poco la derivación de aire auxiliar y reduciendo el volumen de aire que entra al motor; al reducir el aire que entra al motor se reduce la marcha mínima en vacío.

Figura 10. **Válvula de aire auxiliar**



Fuente: www.professionalautomotive.files.wordpress.com. Consulta: enero de 2014.

2.1.13. **Derivación de aire en marcha mínima**

A diferencia de un motor con carburador, el sistema K-Jetronic no utiliza el tornillo de tope del acelerador para ajustar la velocidad de marcha mínima; en su lugar emplea un canal de derivación similar a la derivación de aire auxiliar. La derivación de aire en marcha mínima es ajustada por el técnico; la velocidad máxima de marcha mínima solo se debe cambiar ajustando la derivación de aire en marcha en vacío y nunca con el tornillo de tope del acelerador.

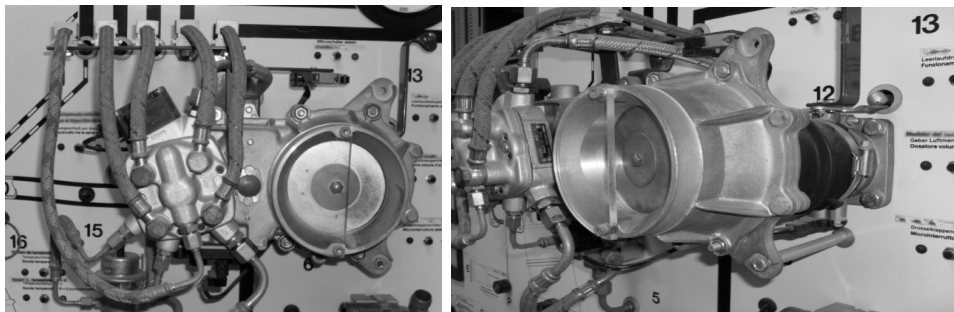
2.1.14. **Sensor de flujo de aire**

El sensor de flujo de aire consiste en un disco conocido como placa del sensor de flujo de aire; está montado en una palanca de contrapeso; la placa se asienta en un venturi; cuando el motor se arranca y el aire empieza a fluir dentro del mismo, la placa del sensor se eleva, la palanca gira en el punto de

apoyo y un rodillo levanta el pistón de control. La palanca está formada de dos piezas, con un tornillo que permite el ajuste de la relación aire-combustible.

En los primeros modelos se incorporó un interruptor de seguridad que apaga la bomba de combustible cuando se detiene el flujo de aire dentro del motor, y la placa del sensor de flujo de aire llega a ponerse en reposo. Los sensores de flujo de aire en motores V-6 y V-8 se halan hacia abajo por el flujo de aire que entra al motor; el pistón de control en esos modelos está en la parte posterior del punto de apoyo de la placa del sensor, de modo que a medida que fluye el aire dentro del motor presiona hacia abajo la placa, levantando el pistón.

Figura 11. **Sensor de flujo de aire**



Fuente: laboratorio de electrónica automotriz, Intecap, zona 21, Guatemala.

2.2. **Ajustes en la afinación del sistema K-Jetronic**

Para la mayor parte de los motores equipados con el sistema K-Jetronic todos los ajustes de encendido estándar se realizarán de la misma manera que para un motor con carburador, el calibre de la bujía tiene la misma relevancia, así como el tiempo de encendido, el punto de detención, el freno de marcha en vacío, etc.

2.2.1. Altura de reposo de la placa del sensor de flujo de aire

Para controlar la altura de reposo de la placa del sensor de flujo de aire ajustar el “clip” del resorte bajo la placa del sensor, la placa deberá descansar con el tope de la misma, justo debajo de la orilla superior de la parte más angosta del venturi del sensor de flujo de aire.

2.2.2. Centrado de la placa del sensor de flujo de aire

El perno en el centro de la placa del sensor de flujo de aire pasa a través de un orificio que es más grande que el perno; cuando se afloja el perno, la placa se puede mover para centrarla; debe centrarse la placa visualmente y asegurarse de que esta no se pegue o doble mientras se está levantando.

Si se necesita ajustar la placa del sensor de flujo de aire, doblar el clip que sostiene al resorte de reposo para la placa del sensor; al retirar el clip durante el ajuste, normalmente será necesario quitar el ensamble del sensor de flujo de aire para reinstalarlo. El centrado de la placa del sensor de flujo de aire se puede hacer generalmente a simple vista, si eso no funciona, se puede utilizar un calibrador de laminillas para realizarlo de manera más técnica.

2.2.3. Ajuste de aire mínimo

Después de terminar los ajustes del sistema estándar de encendido, se debe trabajar en el sistema de inyección de combustible al ajustar la placa del acelerador a un flujo de aire mínimo.

Arrancar y calentar el motor a la temperatura de operación, luego apagarlo y revisar la válvula de aire auxiliar, para asegurarse de que se ha

cerrado por completo; en seguida, conectar un tacómetro y volver a arrancar el motor, cerrar manualmente la derivación de aire en marcha mínima, y ajustar el tornillo del tope del acelerador, de manera que el motor apenas tenga una marcha mínima en vacío, aproximadamente 450 rpm para un motor de 8 cilindros; a 550 rpm para uno de 6 cilindros y 650 rpm para el de 4 cilindros; luego de terminar el ajuste del aire mínimo, asegurarse de que el acelerador no se atore en la posición cerrada.

2.2.4. Ajuste de la velocidad máxima de marcha en vacío

Después de terminar el ajuste del aire mínimo utilizar el ajuste manual en la derivación de aire en marcha mínima para determinar la velocidad máxima de marcha en vacío, remitirse a la tabla proporcionada por el fabricante, debajo de la tapa del motor, si no la tiene ajustar el freno de velocidad de marcha mínima a 950 rpm.

2.2.5. Ajuste del CO (monóxido de carbono)

El ajuste de CO (monóxido de carbono) en el sistema CIS está en el sensor de flujo de aire cerca del distribuidor de combustible, una llave Allen de 3 milímetros basta para realizar el trabajo. Después de efectuar los ajustes del freno de velocidad de marcha mínima y asegurarse de que el motor está caliente, insertar un analizador de CO en el tubo de escape o en la conexión de muestreo localizada adelante del convertidor catalítico; ajustar el CO según las indicaciones de la calcomanía que se encuentra debajo del cofre o *capot* del motor; si no existe la calcomanía, verificar el valor del porcentaje correcto en el manual del fabricante del vehículo y ajustar el CO al valor recomendado.

Con movimientos muy pequeños de la llave Allen de 3 milímetros se obtiene una enorme diferencia en la lectura del CO; por esta razón, la única manera práctica y precisa de ajustar el CO es utilizando un analizador de gases, después de haber ajustado el CO, se vuelve a verificar la velocidad de marcha en vacío.

2.3. Pruebas a componentes y localización de fallas en el sistema

Como el sistema K-Jetronic se controla a sí mismo mediante las variaciones de presión hidráulica en el sistema, la mayor parte de localización de fallas serias se realiza al evaluar las presiones en el sistema.

Hay seis presiones que son relevantes para el control del sistema K-Jetronic; las presiones de operación son: presión de suministro, del sistema, de control en frío, de control en caliente, de abertura del inyector y de la línea de retorno. Entender la función y propósito de cada una de estas presiones es esencial en la localización de fallas del sistema; sin embargo, solo cuatro presiones se miden directamente en el método de localización de fallas: la presión de control en frío, la del sistema, la de control en caliente y la de reposo.

2.3.1. Conexión del medidor de presión de combustible

Se requiere un medidor capaz de medir 100 psi para localizar las fallas en el sistema K-Jetronic; además, las mangueras del medidor deben ser en forma de una T; una parte de la T debe estar equipada con una válvula de paso. Conectar el medidor desde la línea que corre desde el distribuidor de combustible hasta el control del regulador de presión.

La manguera con la válvula de paso debe estar de lado de control del regulador de presión de la manguera que va al medidor; para un diagnóstico efectivo y preciso, seguir la secuencia de operación adecuada desde el principio hasta el final y sacar conclusiones solo después de haber terminado todo el procedimiento.

Empezar con un motor frío, desconectar los conectores eléctricos que van a la válvula de aire auxiliar y al control del regulador de presión, luego conectar el medidor y desviar el relevador de la bomba de combustible, de acuerdo con las especificaciones.

2.3.1.1. Especificaciones del relevador de la bomba de combustible

- Fox 1975: desconectar el conector de seguridad de la bomba de combustible del medidor de flujo de aire, y las tres terminales del conector en la parte posterior del alternador, luego girar el interruptor del encendido.
- Fox 1976-79: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales L13 y L14 del *socket* del relevador de la bomba de combustible.
- Fox 100: desconectar el conector de seguridad de la bomba de combustible del medidor de flujo de aire, y las tres terminales del conector en la parte posterior del alternador; después girar el interruptor del encendido.

- Fox 400: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales L13 y L14 del *socket* del relevador de la bomba de combustible.
- Fox 500: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales J39 y J40 del *socket* del relevador de la bomba de combustible.
- BMW: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales 30 y 87 del *socket* del relevador de la bomba de combustible.
- Mercedes-Benz: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales 30/51 y 87 del *socket* del relevador de la bomba de combustible.
- Porsche, turbo carrera: desconectar el conector del interruptor de la bomba de combustible del sensor de flujo de aire.
- 911, 1973-75: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales 30/51 y 87 del *socket* del relevador de la bomba de combustible.
- 911, 1976-79: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales 30 y 87 del *socket* del relevador de la bomba de combustible
- 924: desconectar el conector del interruptor de la bomba de combustible del sensor de flujo de aire.

- 928: colocar un puente con fusible de 8 amperios entre las terminales 30 y 87 del *socket* del relevador de la bomba de combustible.
- Saab 1977: desconectar el conector del interruptor de la bomba de combustible del sensor de flujo de aire.
- Volkswagen, solo 1975: desconectar el conector del interruptor de la bomba de combustible del sensor de flujo de aire.
- Volvo, 1974-77: desconectar el conector del interruptor de la bomba de combustible del sensor de flujo de aire. Si algo más falla al tratar de energizar la bomba de combustible, colocar un juego de puentes desde esta hasta la batería; asegurarse de conectar la polaridad correcta entre la bomba de combustible y la batería.
- Con la válvula en el medidor abierta y la bomba de combustible funcionando, pero no el motor; registrar la presión de control; la tabla refleja lo que la presión de control en frío debiera ser en tres climas típicos en Estados Unidos, las temperaturas listadas están en grados Fahrenheit, si la lista de temperatura ambiente de la tabla no refleja la temperatura del lugar donde se está realizando la prueba, el técnico deberá calcular la temperatura con base en la tabla número II.

Nota: todas las lecturas pueden variar más o menos 3 psi.

Tabla II. **Indicaciones de presión de control en frío**

Modelo	Presión (psi), a 50 grados Fahrenheit	Presión (psi), a 75 grados Fahrenheit	Presión (psi),a 100 grados Fahrenheit
Audi			
Fox 1975-77	14	24	32
Fox 1978-79	14	24	32
100	14	24	32
400	14	24	32
5000, 1978-79	14	24	32
5000, 1980	14	24	32
BMW, 320i	10	8	26
Mercedes- Benz			
6.9 litros	16	25	34
280 (federal)	14	21	31
280(calif.)	14	21	31
280, 1977, altitud alta	17	25	33
Porsche			
911, 1973	15	25	35
911, 1974-75	17	32	45
911, 1976-77	20	32	49
911, 1978-79	25	32	43
Turbo carrera			

Continuación de la tabla II.

1975-77	9	22	35
1978-79	17	26	32
Saab			
99, 1975-77	15	24	32
99, 1978-79	15	24	32
900	15	24	32

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

A continuación girar la válvula a la posición de cerrado; al hacer esto se aislará el control del regulador de presión, por lo que la presión que muestra el medidor será la del sistema; debe compararse con la tabla de presiones; se pueden hacer ajustes mínimos al agregar o retirar las alzas al sistema del regulador de presión.

Tabla III. **Indicaciones de la presión del sistema**

Modelo	Presión (psi)
Audi	65-75
Fox 1975-77	65-75
Fox1978-79	65-75
100	65-75
4000	65-75
5000, 1978-79	65-75
5000, 1980	68-78
BMW 230i	65-75

Continuación de la tabla III.

Mercedes Benz	75-84
Porsche	65-75
Porsche turbo carrera	87-97
Saab	65-74
Volkswagen	65-75
Dasher	65-75
Volvo 140	65-75
Volvo 240, 1976-77	65-77
Volvo 240, 1978-79	65-77
Volvo 260	70-75

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

Regresar la válvula a la posición abierta para medir la presión de control, volver a conectar los conectores eléctricos a la bomba de combustible, al control del regulador de presión y a la válvula de aire auxiliar. Ahora arrancar el motor y permitir que se caliente; a medida que el motor funciona y se calienta, la presión de control deberá disminuir de 3 a 5 minutos; después de que se estabiliza la presión en caliente, comparar con la tabla de presión de control en caliente.

Tabla IV. **Presión de control en caliente**

Modelo	Presión (psi)
Audi	49-55
Fox 1975-77	49-55

Continuación de la tabla IV.

Fox1978-79	49-55
100	49-55
4000	49-55
5000, 1978-79	49-55
5000, 1980	49-55
BMW 230i	39-45
Mercedes Benz	49-55
Porsche	41-44
Porsche turbo carrera	38-44
Saab	49-55
Volkswagen	49-55
Dasher	49-55
Volvo 140	51-57
Volvo 240, 1976-77	51-57
Volvo 240, 1978-79	51-57
Volvo 260	54-59

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

Tabla V. **Presión de reposo**

Modelo	Presión (psi)
Audi	23
Fox 1975-77	23
Fox1978-79	23
100	23

Continuación de la tabla V.

4000	23
5000, 1978-79	23
5000, 1980	35
BMW 230i	22
Mercedes Benz	41
Porsche	16
Porsche turbo carrera	22
Saab	15
Volkswagen	23
Dasher	35
Volvo 140	25
Volvo 240, 1976-77	15
Volvo 240, 1978-79	25
Volvo 260	25

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

2.3.1.2. Análisis de las pruebas de presión

En este listado se mencionan algunos síntomas y causas posibles que probablemente ocurrirían en un síntoma del sistema K-Jetronic.

- Baja presión de control en frío, presión normal de control en caliente, presión normal del sistema y presión normal en reposo. Causa posible: control del regulador de presión defectuoso.

- Presión normal de control en frío, baja presión de control en caliente, presión normal del sistema, presión normal en reposo. Causa posible: control del regulador de presión defectuoso.
- Alta presión de control en frío, presión normal de control en caliente, presión normal del sistema y presión normal en reposo. Causa posible: control del regulador de presión defectuoso.
- Baja presión de control en frío, y en caliente, presión normal del sistema y presión normal en reposo. Causa posible: control del regulador de presión defectuoso.
- Alta presión de control en frío, y en caliente, presión normal del sistema y presión normal en reposo. Causa posible: restricción en la línea de retorno del control del regulador de presión o control del regulador de presión defectuoso.
- Para distinguir cuál de los dos está defectuoso, desconectar la manguera de retorno y permitir que el combustible fluya hacia un recipiente apropiado; si la presión de control disminuye, reparar la línea de retorno; si la presión se mantiene, reemplazar el control del regulador de presión.
- Presión normal de control en frío, en caliente, presión del sistema un poco alta y presión normal en reposo. Causa posible: fuga en el regulador de presión del sistema.
- Presión normal de control en frío, y en caliente, presión muy alta del sistema, presión normal en reposo. Causa posible: línea de retorno

obstruida, distribuidor de combustible defectuoso. Para distinguir cuál de los dos es quien presenta el problema, retirar la línea de retorno e instalar una línea de reemplazo, permitiendo que el combustible fluya a un depósito adecuado; si la presión disminuye, reparar o reemplazar la línea de retorno; si la presión se mantiene, reemplazar el distribuidor de combustible.

- Presión normal de control en frío, y en caliente, presión normal del sistema y caída de presión en reposo por debajo del mínimo. Causa posible: válvula de retención de la bomba de combustible, fuga en el inyector de arranque en frío, y del regulador de presión del sistema, distribuidor de combustible y control del regulador de presión defectuoso; para distinguir entre estas causas, eliminar una por una aislando los componentes, empezar por aislar la fuente de la pérdida de la presión de reposo al despresurizar el sistema, cerrando la válvula entre el control del regulador de presión y el medidor de presión.
- Si la presión ya no disminuye reemplazar el control del regulador de presión, si la presión en reposo continúa disminuyendo, perforar la línea entre la bomba de combustible y el acumulador, luego despresurizar el sistema y observar la presión en reposo; si la presión en reposo ya no disminuye, reemplazar la válvula de retención de la bomba.
- Si la presión continúa disminuyendo, perforar la línea que va al inyector de arranque en frío; si la presión en reposo ya no disminuye es porque el regulador de la presión del sistema o el distribuidor de combustible están defectuosos; para ambos problemas reemplazar el distribuidor de combustible.

- Baja presión de control en frío, y en caliente, baja presión del sistema y presión normal en reposo. Causa posible: hacer la prueba de volumen de la bomba de combustible, desconectar la línea de retorno del distribuidor de combustible e instalar una línea de reemplazo, permitiendo que el combustible fluya a un depósito adecuado que indique la medida en litros; energizar la bomba de combustible para que funcione; el volumen de combustible que fluye al depósito durante 30 segundos deberá estar de acuerdo con la tabla número VI, de flujo de combustible en la tubería de retorno.
- Si el volumen es menor que la especificación, revisar las líneas de combustible y reemplazar el filtro; si al realizar esto el flujo aún está por debajo de lo especificado, realizar la prueba sin el tapón de llenado del tanque, para verificar si el respiradero del mismo se encuentra tapado; si ninguna de estas reparaciones permite el aumento en la presión del combustible a lo especificado, reemplazar la bomba de combustible.

Tabla VI. **Flujo de combustible en el tubo de retorno**

Modelo	Volumen mínimo (c.c. en 30 seg)
Audi	950
Fox 1975-77	950
Fox1978-79	950
100	950
4000	950
5000, 1978-79	950

Continuación de la tabla VI.

5000, 1980	950
BMW 230i	750
Mercedes Benz	1100
Porsche	850
Porsche turbo carrera	1000
Saab	750
Volkswagen	750
Dasher	750
Volvo 140	750
Volvo 240, 1976-77	750
Volvo 240, 1978-79	750
Volvo 260	850

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

2.3.2. Localización de fallas en el sistema K-Jetronic, según los síntomas

Cuando se intente encontrar la causa de un problema de funcionamiento en el sistema K-Jetronic, es difícil relacionarlo con un componente específico; el sistema de combustible es una entidad muy cerrada; la interrelación entre varios componentes significa que un síntoma dado puede ser causado por cualquier parte del sistema, por lo tanto en esta sección se presentan las causas posibles de un síntoma dado y luego se indica el o los componentes que necesitan ser probados.

2.3.2.1. El estárter funciona pero el motor no arranca

El motor de arranque (estárter) engrana pero el motor no enciende, esto es un problema de arranque en frío. Si hay falta de presión de combustible la bomba y la prebomba (si es el caso), llevar a cabo una prueba de presión y una de volumen.

Si el sensor de flujo de aire está pegado o atorado, retirar la tapa del sensor de flujo de aire, aflojar las mangueras del centro en el distribuidor de combustible para liberar la presión de control y utilizar un imán de bolsillo; tratar de levantar la placa del sensor de flujo de aire con el perno del centro; este procedimiento involucra también la verificación de la placa del sensor para una altura y centrado adecuado en reposo.

En caso de que la válvula de aire auxiliar esté pegada, si no está abierta, el motor en frío funcionará si el operador mantiene el pie en el acelerador; sin embargo, puesto que las instrucciones de arranque de un motor con sistema K-Jetronic señalan que no se oprima el acelerador, el motor no encenderá.

Cuando el inyector de arranque en frío no abre y no inyecta combustible, la relación aire combustible será demasiado pobre para permitir un fácil arranque.

Si el interruptor termotiempo está defectuoso, esta es una de las causas más comunes para que no trabaje.

Si la leva de control está pegada, retirar el distribuidor de combustible del ensamble del sensor de flujo de aire y asegurarse de que esta se mueva libremente. Para que los inyectores obstruidos provoquen un problema de no

arranque, estos tendrían que estar severamente restringidos; entonces debe llevarse a cabo una prueba de igualdad de flujo en cada inyector.

2.3.2.2. Problemas de arranque en caliente

El motor arranca solo después de que se le da un periodo de arranque largo (de 5 a 30 segundos).

Hacer una prueba completa de presión en el sistema, poner especial atención en la presión de reposo; si esta no se mantiene de acuerdo con la especificada, localizar la pérdida de presión; podría ser un defecto en la válvula de retención de la bomba de combustible, una fuga en el inyector de arranque en frío, un distribuidor de combustible defectuoso o una falla en el regulador de presión del sistema.

Si el sensor de flujo de aire está mal ajustado, verificar que la placa del mismo tenga una altura adecuada y que esté centrada; retirar la tapa del sensor de flujo de aire, aflojar la manguera en el centro del distribuidor de combustible para aliviar la presión de control, utilizar un imán de bolsillo, tratar de levantar la placa del sensor de flujo de aire con el perno del centro.

En caso la leva de control esté pegada o trabada, retirar el distribuidor de combustible y asegurarse de que la leva de control se mueva libremente.

Si los inyectores tienen fuga se deben retirar del múltiple de admisión; presurizar el sistema y verificar que los inyectores no tengan fuga de combustible. Retirar si hay fuga en el inyector de arranque en frío o inyector termo-tiempo en corto, retirar el inyector de arranque en frío del múltiple de admisión, presurizar el sistema y verificar que no presente fugas de

combustible. Si la presión de control es incorrecta, realizar una prueba completa de presión en el sistema, para asegurarse de que la presión en caliente está correcta.

2.3.2.3. Motor con marcha mínima áspera cuando está frío

Si la presión de control en frío es demasiado alta, esto reducirá el movimiento de la leva de control y por lo tanto limitará el combustible disponible para que fluya a través de los inyectores; el motor girará por tanto con mezcla pobre y su velocidad en marcha mínima en frío será brusca.

Si la válvula de aire auxiliar no abre, la velocidad de marcha mínima en vacío en frío no aumentará y por tanto esta será lenta y brusca.

Una válvula de arranque en frío con fugas permite que el motor funcione con una mezcla excesivamente rica, aun cuando el motor esté frío; un motor funcionando con una mezcla excesivamente rica tenderá a que la marcha mínima en vacío sea brusca sin importar que el motor esté frío o caliente, si el inyector de arranque en frío tiene fugas, la brusquedad irá empeorando a medida que el motor se calienta.

Siempre que la placa del sensor de flujo de aire no funcione libremente, puede dar como resultado errores en la relación aire combustible.

Si se lleva a cabo la prueba de flujo de inyectores reemplazar cualquier inyector por el que esté fluyendo una cantidad inadecuada o que tenga un patrón de rocío pobre.

2.3.2.4. Motor con marcha mínima áspera cuando está caliente

Si la presión de control es demasiado baja o demasiado alta, la relación aire-combustible será incorrecta, provocando que la marcha mínima sea brusca. Las fugas en la válvula de arranque en frío provocarán un sobreabastecimiento de combustible al motor, resultando en una relación demasiado rica de aire-combustible y una velocidad de marcha mínima en vacío brusca.

Siempre que la placa del sensor de flujo de aire no funcione libremente, puede dar como resultado errores en la mezcla aire combustible.

Realizar la prueba de flujo de inyectores y reemplazar cualquier inyector que esté en mal estado o que tenga un patrón pobre de rocío.

2.3.2.5. El motor se para de inmediato, después del arranque en caliente

Si la presión de control en caliente es demasiado alta, la relación de aire-combustible será muy pobre, dando como resultado que el motor se apague.

Si la presión del sistema es demasiado alta o baja, la relación aire-combustible será incorrecta; esto puede dar como resultado una condición de funcionamiento con mezcla rica o pobre; cualquiera de estas condiciones provoca que el motor se detenga después del arranque.

2.3.2.6. Velocidad de marcha en vacío demasiado alta y no se puede ajustar

Medir el aire mínimo, si al cerrar la derivación de aire de marcha mínima en vacío no se logra que estas estén dentro de lo especificado; verificar si hay entradas de aire en tuberías o mangueras de vacío.

Verificar la válvula de aire auxiliar; retirar las mangueras de la válvula de aire auxiliar y asegurarse de que esté cerrada.

Una fuga en el vacío es una fuente de aire extra que entra al múltiple de admisión después de la placa de aceleración, dando como resultado una marcha en vacío excesivamente alta.

2.3.2.7. El motor petardea en el múltiple de admisión

Verificar el ajuste adecuado del CO; un mal ajuste de la mezcla puede dar como resultado un petardeo bajo carga o cuando se arranca.

Verificar la tubería de aire del motor entre el sensor de flujo de aire y el acelerador, los orificios que provocan fugas en el tubo del sensor de flujo de aire pueden dar como resultado una mezcla pobre de aire combustible y esto puede resultar en un petardeo bajo de carga o al arrancar.

2.3.2.8. El motor falla bajo carga

Problemas del encendido: la causa más probable está en el sistema de encendido, sin importar el sistema de combustible.

Entrega inadecuada de combustible: una entrega pobre de combustible puede provocar que el sensor de flujo de aire se trabe, o que la leva de control se atasque; entonces se debe verificar la presión del sistema.

2.3.2.9. Problemas de baja potencia

Al igual que en un motor equipado con carburador, la causa más probable de poca potencia es la inadecuada afinación del motor, verificar el tiempo de encendido, tipo de bujías, calibre de apertura de electrodos de la bujía, cables de bujías en buen estado, desgaste en la tapa del distribuidor, y medir compresiones del motor.

Una presión de control demasiado alta limitará el movimiento de la leva de control, reduciendo la cantidad de combustible que saldrá por los inyectores, cuando el motor funciona con mezcla pobre pierde potencia. Los inyectores obstruidos pueden limitará la cantidad de combustible que pasa por ellos, afectando la potencia del motor.

2.3.2.10. Haloneo o tambaleo en la aceleración

Si la placa del sensor de flujo de aire se traba durante su acenso, se limita el flujo de combustible hacia los inyectores y el resultado será un tambaleo en el motor.

Si la presión del sistema de control en caliente es demasiado alta, el movimiento de la leva de control es demasiado limitado; el motor funcionará con mezcla pobre a medida que se incrementa el flujo de aire; un motor que funciona con mezcla pobre se tambaleará en la aceleración.

Los inyectores obstruidos provocan que llegue poco combustible al motor, reduciendo la potencia y provocando un jaloneo en la aceleración.

2.3.2.11. Dieselización del motor

Para que un motor cree el efecto diésel, o siga funcionando después de colocar el *swich* de encendido en la posición de apagado, deberá de haber combustible que entre al motor; generalmente es porque el sensor de flujo de aire se atasca en cierto punto de su carrera y luego se cierra.

Inspeccionar la leva de control para verificar que no esté trabada o pegada debido a desgaste o corrosión en su interior.

Debe llevarse a cabo una prueba de flujo de inyectores e inspeccionar un asentamiento adecuado, cuando el plato sonda llega al reposo. Quitar el inyector y presurizar el sistema hasta alcanzar la presión normal de combustible con la que el motor trabaja y verificar si hay fugas.

2.3.2.12. Consumo excesivo de combustible

Comprobar el ajuste del CO; también verificar las fugas en los inyectores principales como en el de arranque en frío; retirarlos de la cabeza de cilindros sin dañarlos y cuidando que no se rompa el empaque de goma que sirve de sello, presurizar el sistema; verificar que no presenten goteo y que su funcionamiento sea el correcto; si se forma una gota y cae y rápidamente es reemplazada por otra, cambiar el inyector.

3. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE K-JETRONIC CON SENSOR DE OXÍGENO (SENSOR LAMBDA)

El sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno es muy similar al sistema K-Jetronic; la diferencia principal es que se agregaron tres nuevos elementos: el sensor de oxígeno, la ECU (unidad electrónica de control) y la válvula de frecuencia.

A medida que el control de las emisiones se volvió más estricto en la década de los 70, era necesario un método más preciso para controlar la entrada de aire y combustible al motor; la respuesta a esto fue la retroalimentación de oxígeno o el sistema de control *lambda*. La mayor parte de este sistema aún tiene componentes estándar del sistema K-Jetronic, y solo se han agregado algunos adicionales y la cámara inferior del distribuidor de combustible ha sido modificada.

Tabla VII. **Aplicaciones para la inyección de combustible K-Jetronic con sensor de oxígeno**

Audi	900 Turbo
Coupe	Volkswagen
Coupe GT	Cabriolet
4000	Dasher
4000S	Golf
4000S Quattro	Jetta

Continuación de la tabla VII.

5000S	Rabbit
5000S Turbo	Rabbit Pick up
BMW 320i	Siroco
Mercedes-Benz	Volvo
280	Coupe
380	DL
450	GL
500	GLE
Peugeot 505	Turbo
Porsche	Saab
911SC	99
924	900
924 turbo	

Fuente: elaboración propia, utilizando documentos del programa Autodata.

3.1. Componentes adicionales del sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno

Este sistema es similar al K-Jetronic convencional; al cual se agregaron componentes eléctricos que ayudan a un mejor control del mismo.

3.1.1. Sensor de oxígeno

El componente clave en el sistema de retroalimentación de oxígeno es el sensor de oxígeno. Localizado en conducto de escape a 60 cm de la cabeza de

cilindros, está un dispositivo generador de voltaje que tiene una salida entre 100 y 900 milivoltios bajo las máximas condiciones de operación; cuando se calienta a aproximadamente 315 grados Celsius, el sensor llega a ser conductivo para los iones de oxígeno y empieza a producir un voltaje; a menor contenido de oxígeno en el escape, mayor es el voltaje; por lo tanto, cuando los gases de escape que pasan resultan de una mezcla pobre el voltaje de salida será bajo; si los gases de escape son producto de una mezcla rica, el voltaje de salida del sensor de oxígeno será alto.

3.1.2. Válvula de frecuencia

Una válvula operada por solenoide se asemeja a un inyector electrónico de combustible que está conectado por una manguera a las cámaras inferiores del distribuidor de combustible. La válvula de frecuencia tiene una relación fija de flujo que permite que la presión en las cámaras inferiores se mantenga a un nivel igual al de las cámaras superiores.

Mientras el motor está funcionando, la válvula de frecuencia envía una señal de 60 Hz a un ciclo útil de 50 % cuando todos los sistemas están trabajando en el rango nominal; esto permite que el sistema opere en forma muy parecida a un sistema K-Jetronic sin sensor de oxígeno; sin embargo, cuando el sensor de oxígeno detecta un alto contenido de oxígeno en el escape, (bajo voltaje en el sensor de oxígeno), el ciclo útil se incrementa en la válvula de frecuencia, provocando que la presión en las cámaras disminuya; esta reducción de la presión incrementa el volumen de combustible, permitiendo que fluya a través de las cámaras superiores y luego a los inyectores.

Cuando el contenido de oxígeno en el escape disminuye, el voltaje que genera el sensor de oxígeno se incrementa y la ECU (unidad electrónica de

control) responde, reduciendo el ciclo útil de la válvula de frecuencia. Este ciclo útil se puede medir en un conector de pruebas con un medidor de tensión o de voltaje; si el conector de prueba no se puede localizar, entonces debe conectarse el medidor de tensión al conector adecuado en la ECU, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla VIII. **Guía de medición del ciclo útil de la válvula de frecuencia**

Modelo	Número de conector de prueba de la ECU (unidad electrónica de control).
Audi	
1980-83 excepto Quattro	17 azul/blanco
1983 Quattro	8 o sonda de la válvula de frecuencia
BMW 320i	15 o sonda de la válvula de frecuencia
Mercedes-Benz	15 verde/café
Peugeot 505	15 o sonda de la válvula de frecuencia
Porsche	
1980, 911	17 verde/blanco
1981-83, 911	17 verde/blanco
1980 924 y 924 Turbo	17 Negro
1981-83, 924 y 924 Turbo	17 Negro
Saab	

Continuación de la tabla VIII.

1980-83 excepto Quantum	17 azul/blanco
1982-83 Quantum	1 sonda de la válvula de frecuencia
Volvo	17 rojo

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

3.1.3. Interruptor térmico

Varios fabricantes de automóviles emplean un interruptor térmico para indicar a la ECU cuando el motor está lo bastante caliente como para operar a una relación aire combustible de 14.7 a 1 (conocida como relación lambda, 14.7 partes de aire y 1 de combustible); el interruptor térmico es un dispositivo bimetalico que se cierra cuando está frío y se abre cuando está caliente. Los modelos Audi, excepto los turbo, cuentan con un segundo interruptor térmico para avisar a la ECU cuando el motor está sobrecalentado.

3.1.4. Interruptor del acelerador

Se utiliza un interruptor en el acelerador para indicar que este está completamente abierto; este interruptor se abre hasta que el conductor hace que el acelerador esté completamente abierto. Algunos automóviles incluyen un interruptor de acelerador completamente cerrado; este se abre hasta que el acelerador está completamente cerrado.

3.2. Ajustes en la afinación del sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno

Para los motores equipados con el sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno, todos los ajustes de encendido estándar se realizarán de la misma manera que para un motor con carburador; el calibre de la bujía tiene la misma relevancia, así como el tiempo de encendido, el punto de detonación, el freno de marcha en vacío, etc. Los ajustes en la afinación del sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno son exactamente los mismos que se realizan en el sistema K-Jetronic.

3.3. Pruebas a componentes y localización de fallas en el sistema

Las pruebas a los componentes del sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno son las mismas que se realizan a los componentes del sistema K-Jetronic completamente mecánico. Debe tomarse en cuenta que los vehículos con sistema K-Jetronic con sensor de oxígeno son más modernos y para comparar los resultados de las pruebas es necesario utilizar las tablas correspondientes.

Las pruebas a los componentes que se agregaron al sistema de inyección K-Jetronic con sensor de oxígeno se describen a continuación.

3.3.1. Prueba del sensor de oxígeno

La prueba del sensor de oxígeno es muy sencilla, con la ayuda de un voltímetro; y la medición es aún mejor al utilizar un osciloscopio; conectar la punta positiva del voltímetro u osciloscopio al cable de salida del sensor de oxígeno y la punta negativa a tierra; arrancar el motor del vehículo y cuando el

sensor de oxígeno alcance su temperatura normal de trabajo debe generar voltaje, el cual se mantendrá oscilando entre los valores de 0.1 y 0.9 voltios, aproximadamente.

No debe generar un valor que se mantenga estático, ya que esto es señal de un problema en el sensor y debe ser remplazado por uno nuevo. Si se utiliza un osciloscopio, la señal a observar en la pantalla será de forma senoidal, la cual se mantiene entre los valores 0.1 y 0.9, voltios, aproximadamente, como valores mínimo y máximo, respectivamente.

3.3.2. Prueba de la válvula de frecuencia

Para probar la válvula de frecuencia se puede utilizar un medidor de voltaje o un osciloscopio, dando un valor exacto el osciloscopio. Para verificar el funcionamiento de la válvula de frecuencia conectar las puntas de medición del osciloscopio a los cables de la válvula de frecuencia; en la pantalla del osciloscopio se podrá observar el cambio en la frecuencia y tensión con la que trabaja la válvula, para saber si la válvula trabaja de forma correcta se puede consultar el manual del fabricante del vehículo y comparar los resultados obtenidos en las pruebas con los datos proporcionados en el manual.

3.3.3. Prueba del interruptor térmico

El interruptor térmico está cerrado cuando el motor está frío y se abre cuando el motor alcanza su temperatura normal de operación; para verificar su funcionamiento correcto conectar cualquiera de las puntas de medición de un ohmiómetro a la salida del interruptor y la otra punta a tierra, cuando el motor está frío debe de existir continuidad en el interruptor y cuando alcanza su

temperatura normal de operación, el ohmiómetro debe indicar un circuito abierto; de no ser así, cambiar el interruptor térmico.

3.3.4. Prueba del interruptor del acelerador

Cuando el interruptor indica acelerador completamente abierto conectar una punta del ohmiómetro a la salida del interruptor y la otra punta a tierra; el ohmiómetro debe indicar continuidad mientras el acelerador no esté completamente abierto; al estar el acelerador completamente abierto, el ohmiómetro debe indicar circuito abierto.

Tabla IX. **Presión de control en frío**

Modelo	Presión (psi) a 10 grados Celsius	Presión (psi) a 24 grados Celsius	Presión (psi) a 38 grados Celsius
Audi 1980-83	17	25	32
1983 Quattro	17	26	35
BMW 320 i	17	26	35
Mercedes.Benz 280	17	26	35
380, 450, 500	23	32	40
Peugeot 1980, 505	17	30	44
1981-85, 505	25	40	56
Porsche 1980, 911	25	36	44

Continuación de la tabla IX.

1981-83, 911	23	36	50
1980, 924	15	24	32
1980, 924 Turbo	23	36	50
Saab	20	28	36
Saab Turbo	17	23	31
Volkswagen	17	23	36
Volvo	17	25	32

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

Tabla X. **Presión del sistema**

Modelo	Presión (psi)
Audi 1980-85	65-75
BMW 320 i	65-75
Mercedes-Benz	75-84
Peugeot 505	65-74
Porsche 1980, 911	65-75
Saab	65-74
Volkswagen	65-75
1980 y últimos	68-78
Volvo	65-77

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

Tabla XI. **Presión de control en caliente**

Modelo	Presión (PSI)
Audi 1980-83	49-55
BMW 320i	39-45
Mercedes-Benz	49-55
Peugeot 505	49-55
Porsche 1981-83, 911	49-55
1981-83, 924 y 924 Turbo	49-55
Saab	49-55
Volkswagen	49-55
Volvo	51-57

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

Tabla XII. **Presión de reposo**

Modelo	Presión (psi)
Audi 1980-83	23
Audi Quattro	23
BMW 320i	22
Mercedes-Benz	41
Peugeot 505	22
Porsche 1980, 911	22
1981-83, 911	22
1980, 924 y 924 Turbo	22

Continuación de la tabla XII.

Saab 1981-83	22
Volkswagen 1980-83	23
Volvo	25

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

Tabla XIII. **Flujo de combustible en el tubo de retorno**

Modelo	Volumen mínimo (c.c. en 30 seg)
Audi 1980-83	750
Audi Quattro	850
BMW 320i	750
Mercedes-Benz 8 cilindros	950
Mercedes-Benz 6 cilindros	750
Peugeot 505	1000
Porsche 1980, 911	1100
Porsche 1981-83, 911	1050
1980 924 y 924 turbo	1100
Saab 1977-80	750
Saab 1981-83	950
Volkswagen 80-83	750

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

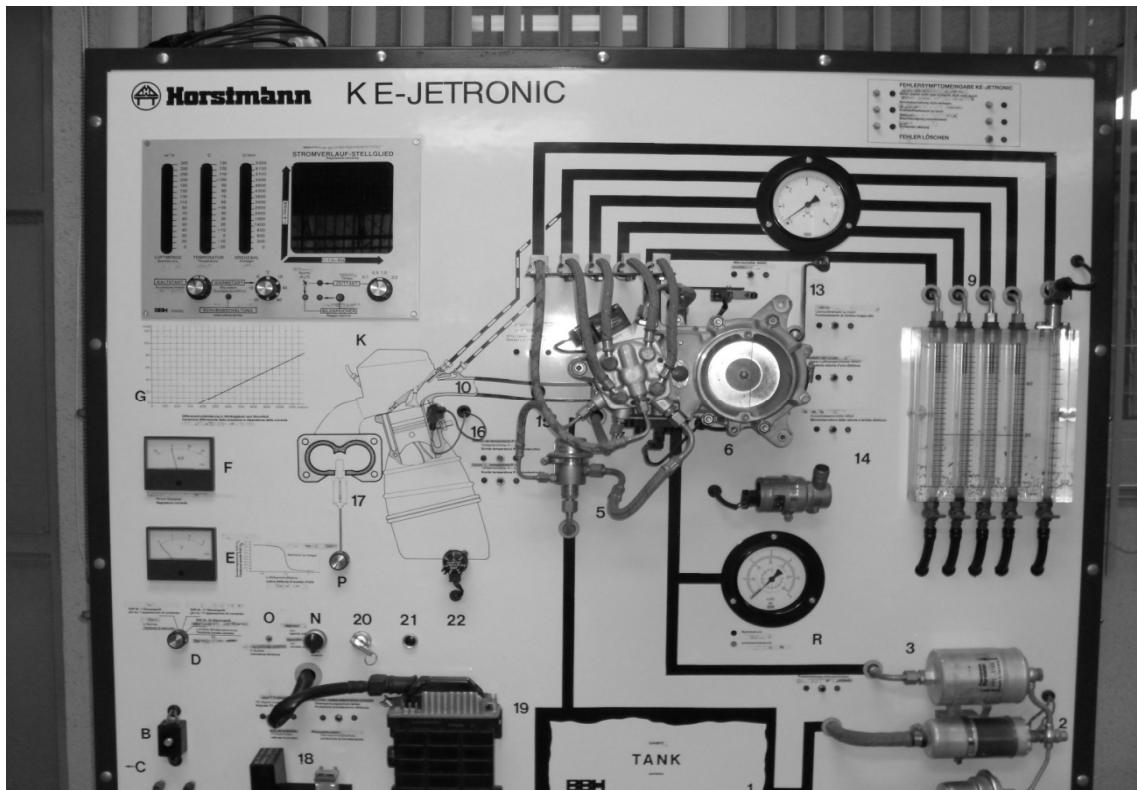
3.4. Localización de fallas en el sistema K-Jetronic según los síntomas

Los síntomas provocados por la falla de determinado componente del sistema de inyección K-Jetronic con sensor de oxígeno, se verifican de la misma manera que se realiza en el sistema K-Jetronic completamente mecánico.

4. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE KE-JETRONIC

El sistema KE-Jetronic, también conocido como sistema CIS-E, fue introducido durante la primera década de los años 80 en respuesta a las fuertes regulaciones de control de emisiones, al igual que los sistemas K y K- con sensor de oxígeno.

Figura 12. Diseño didáctico de sistema de inyección KE-Jetronic

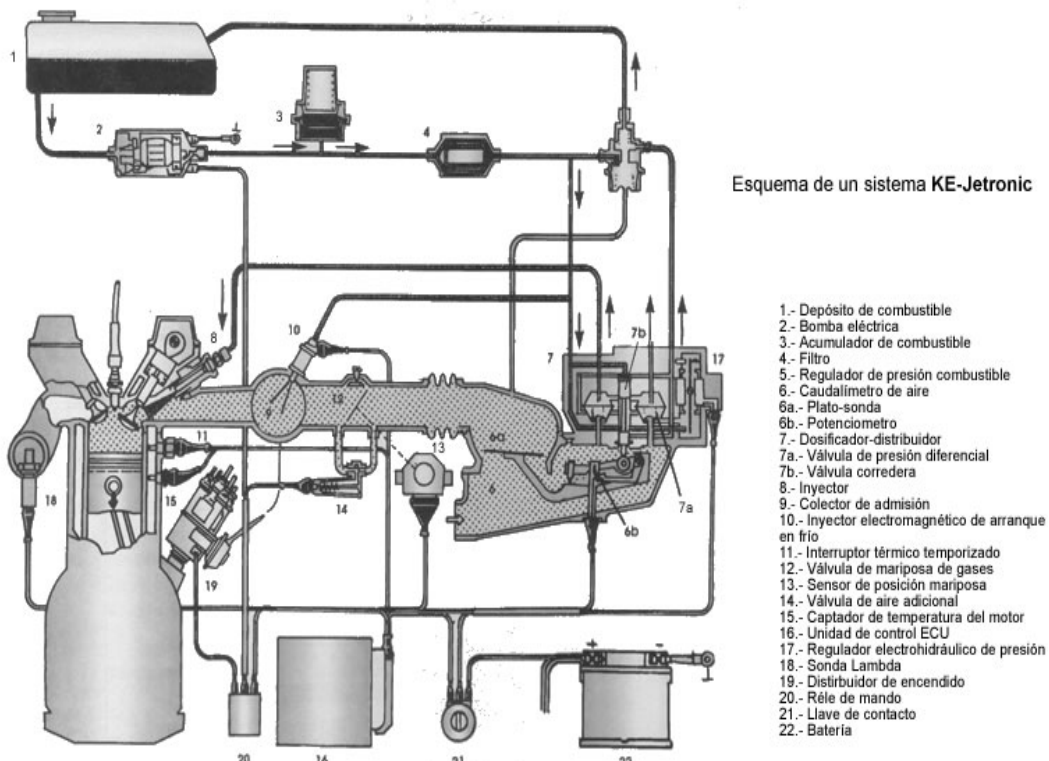


Fuente: laboratorio de electrónica automotriz, Intecap, zona 21, Guatemala.

El corazón del sistema KE es el sensor de flujo de aire y el distribuidor de combustible, los inyectores son del tipo estándar del sistema K-Jetronic, el control del regulador de presión se ha reemplazado por componentes electrónicos.

La mayoría de los componentes del sistema KE-Jetronic siguen siendo los mismos del sistema estándar K-Jetronic. Se darán a conocer los componentes que se han agregado al sistema KE-Jetronic para mejorar el control del motor.

Figura 13. **Esquema de un sistema KE-Jetronic**



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net. Consulta: febrero de 2014.

Tabla XIV. **Aplicación del sistema KE-Jetronic**

Audi	Volkswagen
Coupe GT	Cabriolet
4000S	Golf
4000S Quatro	Jetta
5000S	Quantum
5000S Turbo	Siroco
Mercedes-Benz	

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

4.1. Componentes del sistema KE-Jetronic

Los componentes mecánicos y del sistema de aire del sistema de inyección KE-Jetronic siguen siendo los mismos componentes del sistema K-Jetronic convencional.

4.1.1. Válvula de aceleración

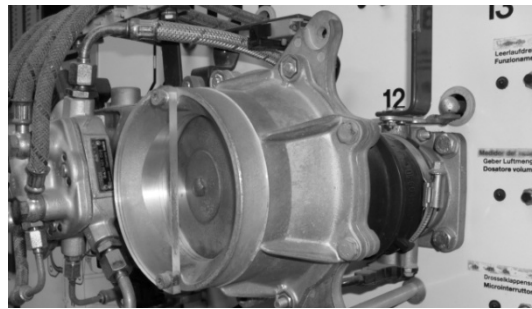
La válvula de aceleración está conectada al pedal de este a través de una varilla y un cable; la válvula controla la cantidad de aire que entra al motor y por tanto controla las revoluciones por minuto del mismo.

4.1.2. Sensor de flujo de aire

Como con los sistemas K-Jetronic, el volumen de aire que entra al sistema de admisión se mide con un sensor de flujo de aire; el sensor consiste

en una placa conectada a una palanca y montada en un venturi; cuando el aire pasa al motor para utilizarse en la combustión levanta la placa del sensor, a medida que la placa se levanta también lo hace la palanca del sensor; al levantarse la palanca también se levanta la leva de control, permitiendo que fluya el combustible de las cámaras inferiores a las superiores; el diafragma de acero inoxidable se mueve hacia abajo, permitiendo que el combustible fluya a los inyectores.

Figura 14. **Sensor de flujo de aire**



Fuente: laboratorio de electrónica automotriz. Intecap zona 21, Guatemala.

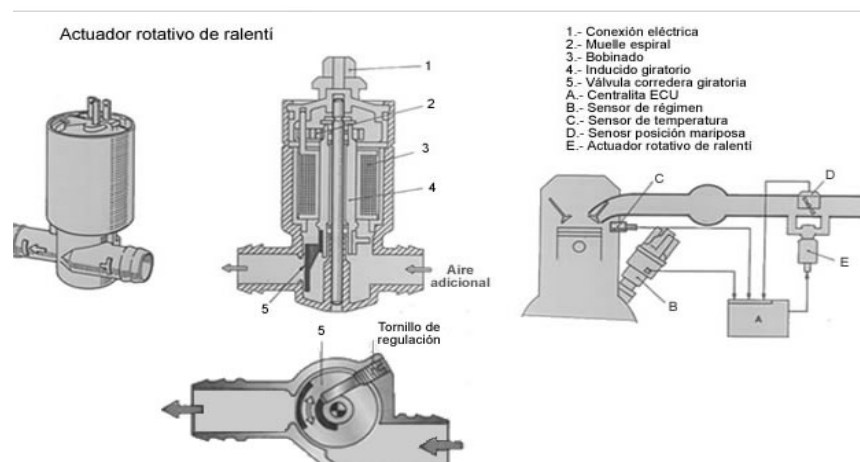
4.1.3. Válvula de aire de velocidad de marcha mínima

La válvula de aire de velocidad de marcha mínima se puede controlar manualmente o por computadora. La válvula eléctrica auxiliar bimetálica controlada manualmente se remonta a los años 70, e incrementa la cantidad de aire que entra al motor cuando está frío; esta se utiliza en conjunto con una válvula con tornillo de mariposa.

Un motor eléctrico controlado por la computadora CIS-E abre y cierra una válvula de derivación de aire del acelerador. Cuando el motor está frío, la válvula se abre, permitiendo el incremento de la velocidad de marcha mínima en vacío; a medida que se calienta el motor se cierra el actuador de la velocidad

de marcha mínima en vacío; para que disminuya esta, el desgaste del motor u otro factor afectan la velocidad de marcha mínima en vacío del motor, la computadora indicará al controlador el ajuste que se requiera.

Figura 15. **Válvula de aire de velocidad de marcha mínima**



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net. Consulta: febrero de 2014.

4.2. Componentes eléctricos

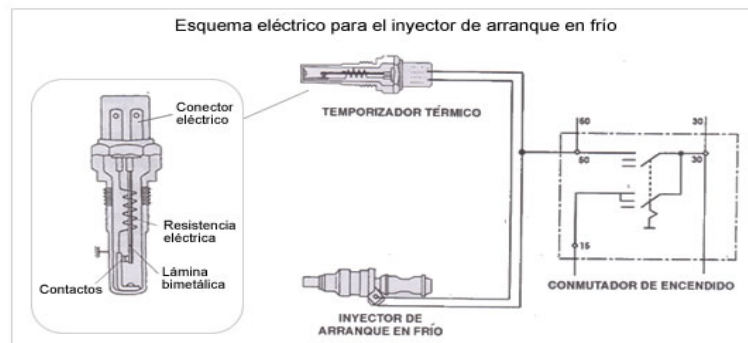
Los componentes electrónicos son realmente los que permiten un mejor control de la inyección de combustible logrando un mejor rendimiento del motor y mayor control de los gases contaminantes.

4.2.1. Válvula de arranque en frío, interruptor termo-tiempo

La válvula de arranque en frío está energizada con 12 volts de la posición de arranque del interruptor de encendido; cuando la temperatura del motor es menor a 35 grados Celsius, el elemento bimetálico en el interruptor termo-tiempo aterriza la válvula de arranque en frío.

Cuando la llave del encendido se gira a la posición de arranque, se aplican 12 voltios a la válvula de arranque en frío, el solenoide abre la válvula y se rocía combustible extra al múltiple de admisión, un calefactor eléctrico también se energiza cuando la llave se encuentra en la posición de encendido, al arrancar el motor este calienta el interruptor bimetálico hasta que se abre; como resultado, la válvula de arranque en frío rociara combustible solo si la temperatura del motor es inferior a 35 grados Celsius y solo por un máximo de 12 segundos.

Figura 16. **Diagrama de la válvula de arranque en frío**



Fuente: www.professionalautomotive.wordpress.com. consulta: febrero de 2014.

4.2.2. **Válvula de aire auxiliar**

El dispositivo de derivación del aire en el sistema de admisión se utiliza para controlar la velocidad de marcha mínima en vacío. Hay dos tipos: el primero utiliza una tira bimetálica para cerrar una válvula a medida que se calienta el motor, la tira bimetálica se calienta por el calor del motor y por electricidad; el segundo tipo consiste en una válvula controlada por un motor bidireccional de CD (corriente directa); la computadora del sistema controla el

movimiento de la válvula para poder controlar la velocidad de marcha mínima en vacío.

4.2.3. Relevador de potencia

El sistema del relevador de potencia aplica energía al sistema de encendido, a la bomba de combustible, a la válvula de arranque en frío, a la válvula eléctrica de control de la velocidad de marcha mínima y a la computadora del sistema.

4.3. Componentes electrónicos

Estos componentes permiten a la computadora del sistema conocer las condiciones reales bajo las cuales trabaja el motor, lo cual le permite tener un mejor control del mismo.

4.3.1. Potenciómetro del sensor de flujo de aire

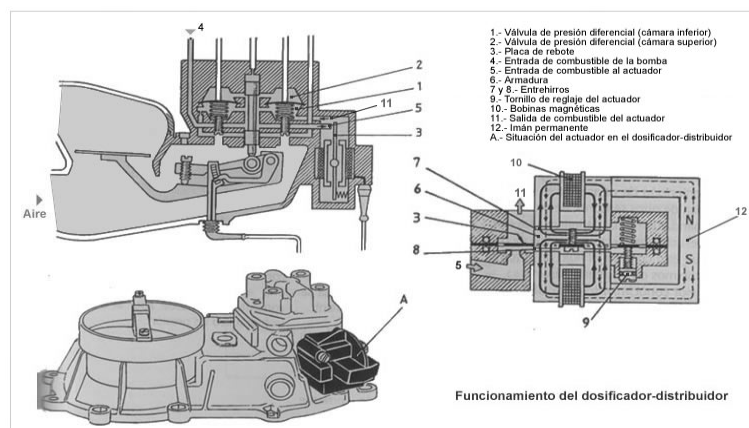
Un potenciómetro localizado en el sensor de flujo de aire informa a la computadora del sistema sobre el volumen de aire que entra al motor; al incrementarse el volumen de aire, la salida de voltaje del sensor también se incrementa; la computadora, al censar un incremento en el flujo de aire, puede alterar la corriente al actuador de presión y por tanto incrementar el flujo de combustible al motor.

4.3.2. Actuador electrohidráulico

El actuador electrohidráulico consiste en una válvula sobre un relevador de laminillas localizado entre imanes; un electroimán está localizado en el

dispositivo de manera que puede aumentar o disminuir el efecto del campo magnético. Al alterar el flujo de la corriente a través del electroimán, se altera el campo magnético; por tanto, a medida que cambia el campo magnético las laminillas del relevador pueden desviarse hacia uno u otro lado, cambiando el tamaño de la abertura de la válvula; al variar el tamaño de la abertura de la válvula varía la cantidad de combustible que entra a la cámara inferior del distribuidor de combustible; esto altera la presión en la cámara inferior y por consiguiente la relación aire combustible.

Figura 17. **Actuador electrohidráulico**



Fuente: www.professionalautomotive.wordpress.com. Consulta: marzo de 2014.

4.3.3. **Sensor de la temperatura del refrigerante**

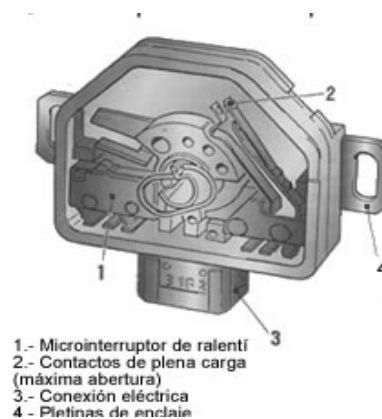
El sensor de la temperatura del refrigerante es una entrada principal a la computadora del sistema; el sensor consiste en una resistencia sensible a la temperatura llamada termistor. A medida que se incrementa la temperatura del refrigerante la resistencia del sensor disminuye. La computadora incrementa el flujo de corriente al actuador de presión cuando el motor está frío y lentamente

disminuye al calentarse el motor; adicionalmente, este sensor se utiliza para señalar a la computadora del sistema que la velocidad de marcha mínima en vacío necesita ser aumentada para compensar la operación del motor en frío.

4.3.4. Interruptor del acelerador

El interruptor del acelerador tiene dos contactos; un juego de contactos está cerrado cuando el acelerador está cerrado; el otro juego de estos está cerrado cuando el acelerador está completamente abierto.

Figura 18. Interruptor del acelerador



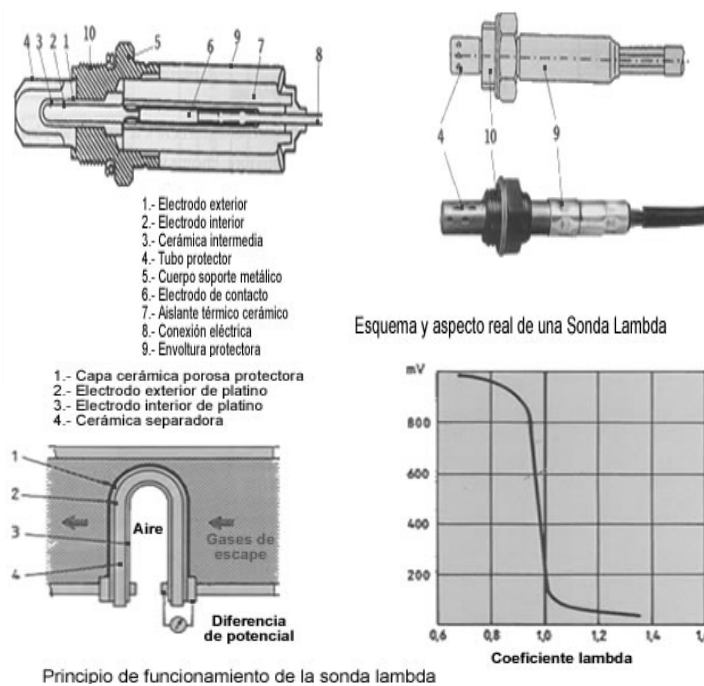
Fuente: www.aficionadosalamecanica.net. Consulta: marzo de 2014.

4.3.5. Sensor de oxígeno

El sistema CIS-E utiliza un sensor de oxígeno para monitorear los gases del escape, cuando se detecta una condición de mezcla pobre en el escape, el sensor de oxígeno envía un bajo voltaje a la computadora (menor de 0,5 voltios); la computadora responde incrementando el flujo de corriente a través del actuador electrohidráulico, el cual hace disminuir la presión en la cámara

inferior y enriquecer la mezcla aire-combustible. Cuando el motor funciona con mezcla rica, el voltaje del sensor de oxígeno se incrementa; la computadora del sistema, en respuesta a esta señal, reduce el flujo de corriente al actuador electrohidráulico y se empobrece la mezcla aire-combustible.

Figura 19. **Sensor de oxígeno**



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net. Consulta: marzo de 2014.

4.4. **Cómo funciona el sistema CIS-E**

Cuando se arranca el motor el aire empieza a fluir hacia el mismo, el flujo de aire levanta la placa del sensor, la cual a su vez levanta la leva de control en el distribuidor de combustible; cuando se levanta la leva, el combustible fluye de las cámaras bajas del distribuidor a través de las ranuras de medición dentro de las cámaras superiores y cierra los inyectores, a medida

que el flujo de aire cambia la posición de la leva, también altera la cantidad de combustible que entra al motor.

Cuando el motor es arrancado, la válvula de arranque en frío rociará combustible de 5 a 12 segundos, siempre que la temperatura del motor sea inferior a 35 grados Celsius.

Durante el calentamiento del motor la señal del sensor de temperatura del refrigerante a la computadora del sistema provocará que esta incremente el flujo de corriente a través del actuador electrohidráulico para enriquecer la mezcla; al calentarse el motor la corriente disminuye empobreciendo la mezcla; cuando el motor alcanza la temperatura de operación, el sensor de la temperatura del refrigerante da paso al sensor de oxígeno.

Durante la operación de calentamiento normal el sensor de flujo de aire levanta la leva de control del distribuidor de combustible en forma proporcional al volumen de aire que entra al motor. Al levantarse la leva, el combustible fluye por las hendiduras de medición de las cámaras inferiores a las cámaras superiores del distribuidor de combustible; si la presión de la cámara inferior es igual o inferior a la de la cámara superior, entonces el diafragma separa las cámaras superiores e inferiores y se desvía hacia abajo y el combustible fluye a los inyectores; cuando la presión dentro de los inyectores excede los 30 psi los inyectores se abren y el combustible fluye hacia el sistema de admisión.

El sensor de oxígeno indica a la computadora que altere la corriente hacia el actuador electrohidráulico para que equilibre y corrija la relación aire combustible.

El interruptor del acelerador se utiliza en conjunto con el potenciómetro del sensor de flujo de aire para indicar a la computadora del sistema sobre la carga del motor; si la computadora detecta un incremento en el flujo de aire y una abertura completa en el acelerador, la corriente a través del actuador electrohidráulico se incrementa, el sensor de oxígeno se ignora y se enriquece la mezcla; cuando el interruptor del acelerador indica un cierre de este y el potenciómetro de flujo de aire indica una disminución de flujo de aire, la corriente a través del actuador electrohidráulico se invierte; esta corriente inversa corta el flujo de combustible.

4.5. Ajustes del sistema KE-Jetronic

Debido a que la computadora controla la relación aire-combustible y la velocidad de marcha mínima, el número de ajustes manuales está limitado en el sistema KE-Jetronic.

En los modelos Audi y Volkswagen se necesita realizar siete ajustes para adaptar el sistema KE; durante una afinación normal estos ajustes no necesitan probarse.

Al reemplazar cualquier componente de inyección principal, como distribuidor de combustible, los ajustes deberán verificarse; también se debe detectar si hay algún problema de funcionamiento o de economía de combustible; estos ajustes incluyen el de la palanca de la placa del acelerador, centrado de la palanca y de la placa, posición de reposo de la placa del sensor, juego libre de la placa del sensor, el potenciómetro del sensor de flujo de aire, el interruptor del acelerador y del compartimiento de la válvula del acelerador.

4.5.1. Potenciómetro del sensor de flujo de aire

Después de verificar el ajuste básico de la palanca, el centrado de la palanca del sensor, la posición de reposo del sensor y el juego libre y el ajuste del potenciómetro del sensor de flujo de aire, conectar un voltímetro de alta impedancia a la terminal número 17 del potenciómetro; con la placa del sensor en la posición de reposo, el voltaje deberá ser de 0.2 a 0.3 voltios; a medida que la placa del sensor se eleva, el voltaje deberá incrementarse suavemente a 7.0 voltios; si el incremento en voltaje no es suave, remplazar el potenciómetro; si las especificaciones de voltaje son incorrectas, aflojar los tornillos de montaje y ajuste.

4.5.2. Compartimiento de la válvula del acelerador

El ajuste del acelerador se hace con una pieza delgada de papel, aflojar el tornillo de tope de la placa del acelerador y colocar el papel entre el tornillo del tope y el acelerador; ajustar el tornillo hasta que casi apriete el papel, luego retirar el papel y apretar el tornillo una media vuelta adicional.

4.5.3. Interruptor del acelerador

Conectar un ohmiómetro entre las terminales del interruptor cerrado del acelerador; deberá de existir continuidad justo antes de que el acelerador se cierre; en seguida conectar el ohmiómetro entre las terminales del interruptor de acelerador completamente abierto. Se deberá conseguir continuidad justo antes de que el acelerador se abra completamente.

4.6. Localización de fallas en el sistema KE-Jetronic

De todos los sistemas Bosch, el sistema KE puede ser el más complicado para localizar fallas. Este combina la electrónica con la mecánica; en el control de flujo de combustible, un análisis de la falla puede indicar un problema ya sea mecánico o electrónico, o no distinguirse entre los dos; lo que sigue es una secuencia lógica para analizar cualquier problema de funcionamiento.

4.6.1. Verificando el estado del motor

Se debe realizar una prueba de compresión y/o una prueba de fugas en cada cilindro del motor; verificar el ajuste de las válvulas y la condición del árbol de levas; revisar el estado del sistema de encendido; si todas estas pruebas son satisfactorias, entonces revisar el sistema de inyección.

4.6.2. Medición de la presión de combustible

Como en todos los sistemas de inyección de combustible cualquier prueba completa debe empezar con la presión de combustible; conectar un medidor de presión entre la válvula de arranque en frío y el puerto de entrada de la cámara inferior del distribuidor de combustible; desconectar el conector eléctrico del actuador electrohidráulico, luego activar la bomba de combustible; la presión indicada deberá estar entre 85 y 82 psi.

Si la presión es baja medir el flujo de la bomba de combustible; la bomba deberá ser capaz de entregar 0,5 galones por minuto o más; si el volumen es bajo, revisar el filtro de combustible, incluyendo el que está en el tanque; revisar la línea de combustible para verificar que no esté aplastada; si la presión es

baja pero el volumen es aceptable remplazar el regulador de presión del sistema.

Si la presión de combustible es alta, desconectar la línea de retorno del regulador de presión del sistema y repetir la prueba; asegurarse que el combustible que sale por la manguera de retorno sea recibido en un depósito adecuado; si la presión de combustible permanece alta, reemplazar el regulador de presión; si la presión disminuye, limpiar o reparar la línea de retorno al tanque.

En seguida medir la presión diferencial en la cámara inferior, o la diferencia entre la presión en la cámara inferior del distribuidor de combustible y la presión del sistema; esta medición se realiza en dos pasos: el primero es simular presión en la cámara inferior sin ninguna corrección basada en la temperatura del motor y el oxígeno en el escape. Desconectar el conector eléctrico en el regulador de presión diferencial y cerrar la válvula en el medidor de presión; activar la bomba de combustible; la presión diferencial deberá ser entre 2,9 y 7 psi.

Si la presión no satisface estas especificaciones, desconectar la línea de retorno de las cámaras inferiores del distribuidor de combustible, un volumen de aproximadamente 5 onzas (140 c.c) por minuto, deberá fluir a través de la línea de retorno; si la presión no es la indicada pero el flujo es correcto, remplazar el regulador de presión diferencial. Si el flujo es incorrecto, reemplazar el distribuidor de combustible.

Si en la primera parte de la prueba se produce la presión correcta, entonces reconectar el regulador de presión diferencial con un amperímetro en serie y proceder con la segunda parte de la prueba; el segundo paso es simular

una presión diferencial de un motor frío. Desconectar el sensor de temperatura del refrigerante y colocar una resistencia de 15 000 ohmios entre las terminales del conector; activar la bomba de combustible; la presión diferencial deberá estar entre 10,0 y 17,5 psi y el amperímetro entre 50 y 80 miliamperios; si la presión está equivocada pero la corriente es la correcta, reemplazar el regulador de presión diferencial.

Si tanto la corriente como la presión son incorrectas, verificar la resistencia a través del regulador diferencial; si la resistencia es mayor de 21,5 ohmios o menor de 17,5 ohmios, reemplazar el regulador de presión diferencial; si la lectura de la resistencia es la correcta verificar la tensión y la conexión a tierra de la ECU (unidad electrónica de control), verificar la tierra del sensor de temperatura; si estas son correctas, reemplazar la ECU.

4.6.3. Medición de la presión de reposo

La presión de reposo o residual es una medida de la capacidad del sistema KE para retener la presión después de que el motor ha sido apagado; abrir la válvula del medidor de presión y energizar la bomba de combustible y monitorear la presión durante 10 minutos; la presión no deberá caer por debajo de los 38 psi; si la presión cae demasiado retirar el regulador de la presión diferencial (el actuador electrohidráulico), y revisar si los empaques están funcionando adecuadamente, o la presión continúa disminuyendo cuando la prueba se repite después de reemplazar y estrangular la línea de retorno del regulador de presión del sistema.

Repetir la prueba si la presión se mantiene reemplazar el regulador de presión del sistema; si la presión aún falla reemplazar el actuador electrohidráulico.

4.6.4. Medición de volumen de combustible entregado por la prebomba

Algunos sistemas de inyección KE utilizan una prebomba, cuando los síntomas son potencia decreciente, vacilación o haloneo, la relación de entrega de esta bomba debera revisarse; el flujo mínimo es de aproximadamente 570 mililitros en 12 segundos.

4.6.5. Medición del flujo de la bomba principal

El volumen de entrega de la bomba principal debe ser de aproximadamente 0,5 galones por minuto.

4.6.6. Prueba de igualdad de flujo en inyectores

La prueba de flujo equitativo en los inyectores se realiza para determinar cuánta contaminación u obstrucción hay en los inyectores. Retirar los inyectores del múltiple de admisión, dejándolos sujetos a la línea de combustible; colocar la boquilla de cada inyector en una probeta graduada, energizar la bomba de combustible, levantar la placa del sensor de flujo de aire y colocar un desarmador debajo de la placa del sensor; hacer fluir combustible por los inyectores durante 30 segundos, luego retirar el desarmador; el volumen de combustible que fluye a través de cada inyector deberá variar solo en 10 % entre inyectores.

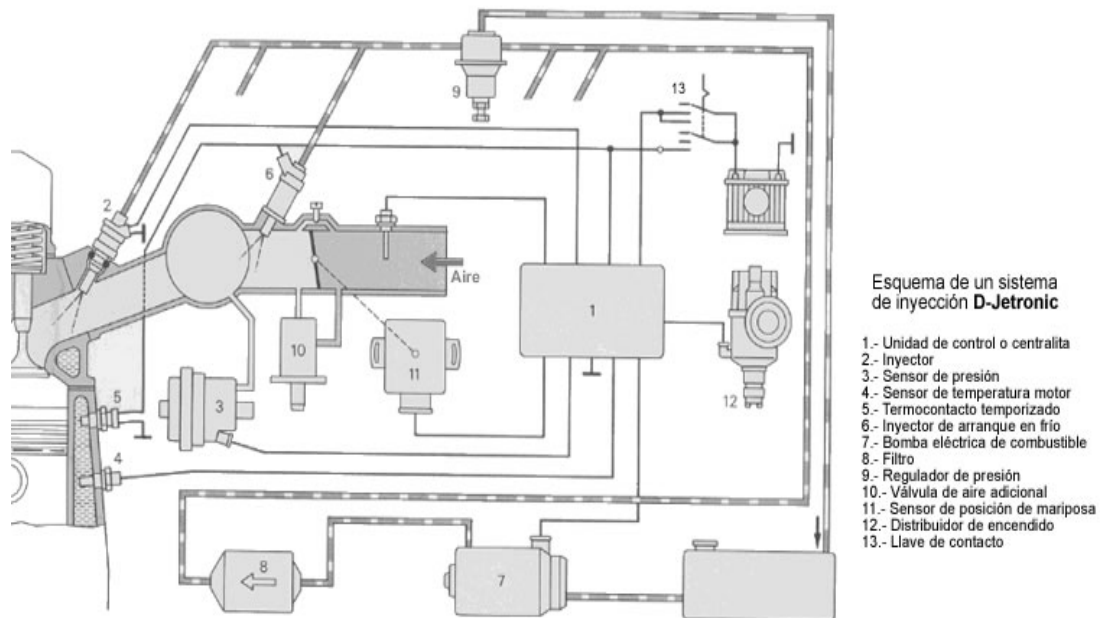
Reemplazar cualquier inyector que no cumpla con lo especificado, si todos los inyectores pasan esta prueba repetirla con la placa del sensor de flujo de aire levantada 3/4". Una vez más la cantidad que fluyó a través de cada

inyector, no debe variar más de un 10 %; si esto no se cumple, remplazar el inyector en mal estado.

5. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE D-JETRONIC

El sistema de inyección de combustible D-Jetronic fue el primero en alcanzar una producción masiva; en ese tiempo la industria lo consideró como el único en su género y como una estrategia de la mercadotecnia en la industria de las reparaciones automotrices.

Figura 20. **Esquema de un sistema de inyección de combustible D-Jetronic**



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net. Consulta: abril de 2014.

Conocido también como sistema de control de presión de combustible en el múltiple (MPC), el sensor principal para el control del volumen de combustible

es el sensor de presión de aire en el múltiple. Es interesante mencionar que los fabricantes FORD, GM y Chrysler utilizan el mismo principio en la mayor parte de sus automóviles con inyección de combustible; por supuesto más de 20 años en avances de la tecnología han evolucionado al sensor de presión, desde los transductores de alambre rústico a los dispositivos de estado sólido empleados en los sistemas modernos.

La localización de fallas y las reparaciones del sistema D-Jetronic es más un arte que una ciencia; el principio de operación se explicará componente por componente, con sus efectos potenciales en el manejo del automóvil.

La mayor parte de los problemas de los automóviles equipados con sistemas de inyección D-Jetronic están relacionados con el motor y el encendido; por tanto cualquier localización de falla debe iniciar con un análisis a fondo de estos sistemas.

Tabla XV. **Aplicaciones para la inyección de combustible D-Jetronic**

Mercedes-Benz	Volkswagen
250	Tipo 3
280	Tipo 4
300	Volvo
350	1800E
450	1800ES
Porsche 914	140

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

5.1. Sensores

Los sensores son utilizados por la computadora para conocer el funcionamiento del motor durante el tiempo que este se encuentre en operación.

5.1.1. Platinos de disparo

Los platinos de disparo o de voltaje están localizados en la base del distribuidor debajo de la placa de los platinos de alto voltaje; los platinos de disparo se utilizan para producir la señal que sincroniza el inyector con el cigüeñal; consiste en dos platinos de bajo voltaje y baja corriente, los cuales son accionados por una leva localizada en el eje del distribuidor; cada juego de platinos inicia la apertura de uno de dos juegos de inyectores en un motor de cuatro cilindros, dos inyectores se abren por cada juego de platinos; en motores de seis cilindros, tres inyectores se abren por cada juego de platinos y así sucesivamente.

A diferencia de los platinos de alto voltaje, los platinos de disparo pueden durar hasta 150 000 kilómetros o más; mientras gira el distribuidor se crea un pulso al abrir y cerrar los platinos de disparo.

Este pulso es enviado a la unidad de control electrónica (ECU) la cual utiliza esta señal para abrir los inyectores, y utiliza la entrada de los otros sensores para determinar el momento de cerrarlos.

5.1.2. Sensor de temperatura I

Este sensor detecta la temperatura del aire del ambiente; a medida que la temperatura del aire disminuye, se incrementa su densidad; como resultado, la ECU debe de inyectar más combustible tanto en un día frío como en uno caluroso.

El sensor de temperatura I es una resistencia sensible a la temperatura, es en realidad un termistor con coeficiente negativo de temperatura (NTC); este sensor tiene una resistencia entre 400 y 500 ohmios a 50 grados Fahrenheit y a 100 grados Fahrenheit la resistencia está entre 150 y 200 ohmios.

Figura 21. **Sensor de temperatura I**



Fuente: www.bosch.mx.com. Consulta: abril de 2014.

El sensor de temperatura I realmente tiene poco efecto en el funcionamiento de la mayor parte de los motores equipados con el sistema D-Jetronic; esto se debe a que la mayor parte de ellos tienen miles de kilómetros acumulados y están funcionando con una mezcla muy rica debido al desgaste; la consecuencia de esto en la localización de fallas es que al desconectar el sensor de la temperatura del aire durante el procedimiento de diagnóstico, puede haber un poco de efecto en la manera en que funciona el

motor y en algunos de los casos puede realmente mejorar el funcionamiento del mismo.

Los veteranos de Bosch conocen un truco muy bueno para mejorar el funcionamiento del automóvil a medida que el motor empieza a deteriorarse, desconectar el sensor de la temperatura del aire, esto engaña a la ECU, provocando que el motor funcione con mezcla rica en todo rango de funcionamiento; esto solo tendrá impacto en la economía del combustible pero mejora el rendimiento y la potencia del motor, incluso puede lograr mejorar los resultados en los cambios de velocidad y la potencia del motor, pero un mecánico hábil quizá note un alambre desconectado y al conectarlo puede producir cambios considerables para el funcionamiento del motor.

5.1.3. Sensor de temperatura II

El sensor de temperatura II se utiliza para controlar la temperatura del refrigerante en motores enfriados por agua y el sensor de temperatura de la cabeza de cilindros para los motores enfriados por aire. Al igual que el sensor de la temperatura I, este es un termistor tipo NTC; la temperatura del motor es importante puesto que el diseño del múltiple de admisión de un motor con inyección de combustible no permite el uso de un ahogador restrictivo de aire; además, el restringir el aire para enriquecer la mezcla del motor durante el precalentamiento causaría lecturas imprecisas del sensor de presión del múltiple; la función de calentamiento del ahogador es por tanto llevada a cabo por el sensor de temperatura II.

Cuando la temperatura del refrigerante o de la cabeza de cilindros, es aproximadamente 16 grados Celsius, la resistencia del sensor de temperatura II es de 3 000 a 4 500 ohmios; a medida que la temperatura se incrementa a

más de 80 grados Celsius, la resistencia se reduce a un valor cercano a 1 000 ohmios, así el sensor empieza a trabajar una vez que la máquina está caliente; si se daña, el sensor de la temperatura II continuará funcionando parcialmente o fallará por completo, creando un circuito abierto o un corto a tierra.

Un circuito abierto en el sensor de la temperatura II o en el alambrado que lo conecta hará que el motor funcione con una mezcla extremadamente rica una vez caliente, los síntomas serían humo oscuro en el tubo de escape (con más notoriedad en marcha mínima en vacío) marcha mínima brusca y potencia pobre; tener presente que estos síntomas pueden ser causados por problemas de mala compresión del motor o problemas de encendido.

En el caso de ocurrir un cortocircuito en el sensor o en el alambre, los efectos no se notarán cuando el motor está caliente; los síntomas más probables son paro o vacilación cuando el motor está frío, y progresivamente funciona mejor mientras va calentando.

Figura 22. **Sensor de temperatura II**



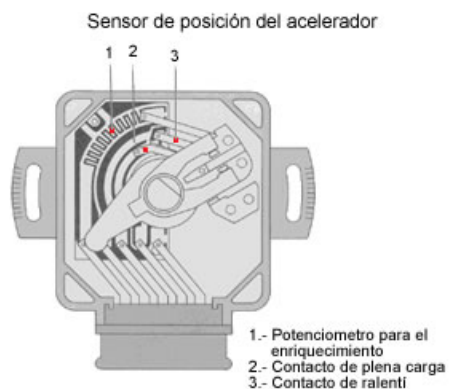
Fuente: www.miac.es. Consulta: abril de 2014.

5.1.4. Interruptor del acelerador

El interruptor del acelerador indica a la ECU cuándo está cerrado el acelerador, cuándo está completamente abierto y cuándo se mueve a la posición abierta; el interruptor consiste en 22 contactos con un juego de contactos deslizantes que se mueven a través de estos, a medida que progresa la aceleración desde la posición de cerrado a la de completamente abierto.

Uno de los contactos deslizantes indica a la ECU que el acelerador está cerrado, otro hace contacto solo cuando el acelerador está completamente abierto y un tercero hace contacto y se interrumpe 20 veces mientras se abre el acelerador, con los pulsos creados e interrumpidos por la señal del contacto. La ECU abre los inyectores con más frecuencia enriqueciendo por tanto la mezcla para la aceleración; esta característica se comporta de una manera muy parecida a la bomba del acelerador en un carburador.

Figura 23. Interruptor del acelerador



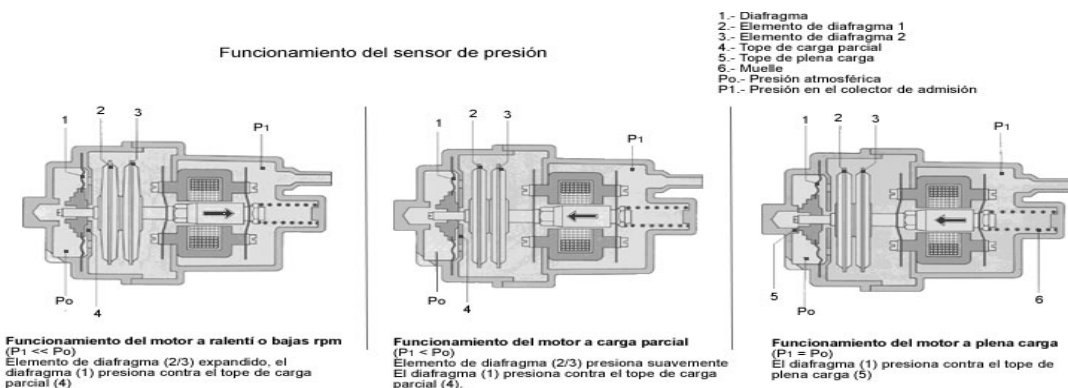
Fuente: www.aficionadosalamecanica.net. Consulta: abril de 2014.

5.1.5. Sensor de presión

Para un ingeniero, el sensor de presión D-Jetronic es un transductor lineal de desplazamiento variable (LVDT), que consiste en un par de bobinas; una con aproximadamente 150 ohmios de resistencia y la otra con 85, un núcleo de hierro adjunto a un diafragma funciona a través del centro de estas bobinas; a medida que cambia la presión en el múltiple, mueve el diafragma; el núcleo de hierro se mueve dentro de las bobinas, provocando variación en los pulsos de la corriente que pasa a través de estas bobinas; esta señal la utiliza la ECU para monitorear la relación entre la presión barométrica y la del múltiple, el síntoma más común en un sensor de presión es un funcionamiento con mezcla rica; por supuesto esto también puede ser causado por otros componentes.

De todos los sensores del sistema este puede ser el más fácil de verificar, normalmente con una simple medición de la resistencia de las bobinas basta para determinar si la unidad está en buena o mala condición.

Figura 24. Sensor de presión



Fuente: www.aficionadosalamecanic.net. Consulta: abril de 2014.

5.1.6. Unidad electrónica de control (ECU)

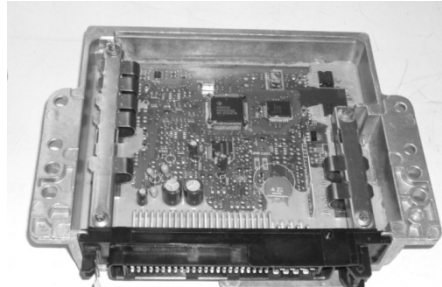
La ECU recibe señal de entrada de los sensores de presión, de la temperatura I, de la temperatura II, y del interruptor del acelerador, para determinar cuánto tiempo dejará los inyectores abiertos. Para las normas de 1990, esta unidad de control es un dispositivo primitivo, solo puede responder a solicitudes de relación aire-combustible de un sensor a la vez; como resultado siempre que falla un sensor, la ECU enviará a los inyectores un suministro rico en combustible.

La unidad electrónica no tiene componentes a los cuales haya que darles servicio, si algún componente llega a fallar, la ECU se reemplaza totalmente como una unidad; las fallas son extremadamente raras y normalmente harán que el automóvil no arranque.

Las aplicaciones del sistema D-Jetronic que tienen una relación ajustable de aire combustible, cuentan con un potenciómetro detector en un extremo de la ECU, el cual se puede utilizar para una sintonía fina de la relación aire-combustible, durante una afinación.

Las terminales 19 y 25 de la ECU están conectadas al relevador de la bomba de combustible, cuando el interruptor de encendido se gira a la posición de cerrado, la ECU energiza a la bomba de combustible para asegurar que el sistema de combustible esté lleno para facilitar el arranque; si el motor no es arrancado, la ECU apagará la bomba de combustible después de unos dos segundos, si el motor arranca la bomba de combustible funcionará continuamente hasta que el motor se apague por completo.

Figura 25. **Unidad electrónica de control (ECU)**



Fuente: www.ecatepec.anuncionya.com.mx. Consulta: abril de 2014.

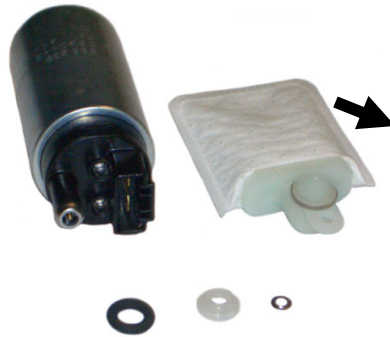
5.2. Componentes del sistema de combustible

Estos son los encargados de mantener el combustible libre de materiales que puedan dañar el motor.

5.2.1. Filtro del tanque de combustible

Está localizado dentro del tanque de combustible, y es una malla o cedazo diseñado para proteger la bomba de combustible contra la corrosión, suciedad y residuos; aunque raras veces es la causa de un problema en el funcionamiento del automóvil, el filtro del tanque debe tener prioridad en la lista de componentes a verificar. En muchos casos se han ignorado estos filtros, aun en automóviles con buen mantenimiento; se han desperdiciado horas y horas y hasta días para detectar un problema causado por un filtro de tanque tapado.

Figura 26. **Filtro del tanque de combustible**



Fuente: www.globedia.com. Consulta: abril de 2014.

5.2.2. **Bomba de combustible**

La bomba de combustible tiene aspas propulsoras de alta velocidad, es capaz de bombear combustible a volúmenes más altos que los que llega a necesitar el sistema de inyección; este tipo de bomba impulsa al combustible pero no lo succiona; por esta razón estas bombas están ubicadas muy cerca del tanque de combustible e incluso dentro de él para reducir la oportunidad de una succión de vapor; en muchas aplicaciones la bomba es silenciosa, pero esto no debe verse como un problema; sin embargo si la bomba de combustible empieza a hacer un ruido muy fuerte podría ser signo de una falla.

La bomba de combustible puede fallar como resultado de utilizar algunos aditivos para el combustible; se debe tener precaución al seleccionar aditivos para combustibles y asegurarse de que no contengan metanol u otras sustancias corrosivas. Una bomba de combustible defectuosa puede causar baja presión de combustible, la cual a su vez produce síntomas como vacilación, mala aceleración, paro del motor y baja potencia.

Con frecuencia una bomba de combustible defectuosa simplemente deja de funcionar; esto provoca que el motor se pare y no arranque.

Figura 27. **Bomba de combustible**

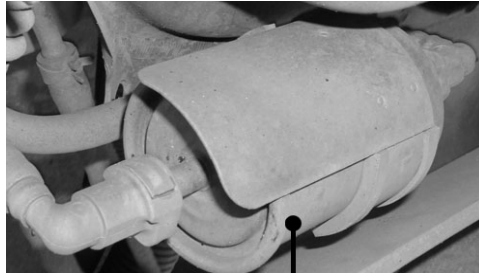


Fuente: globedia.com. Consulta: abril de 2014.

5.2.3. Filtro de combustible

El filtro de combustible en el sistema D-Jetronic normalmente está oculto y puede ser fácilmente ignorado al momento de darle servicio al vehículo; se debe tomar muy en cuenta ya que es un componente importante en el sistema de inyección y si no se encuentra en buen estado puede provocar daños serios en el sistema de inyección, ya que es la última protección que tienen los inyectores ante elementos que los pueden dañar.

Figura 28. **Filtro de combustible**



Fuente: www.forocoches.com. Consulta: mayo de 2014.

5.2.4. Regulador de presión de combustible

El regulador de presión de combustible utilizado en el sistema de inyección D-Jetronic consiste en una válvula conectada a un diafragma con resorte comprimido; el regulador controla la presión de combustible entre 28 y 32 psi, y es ajustable de modo que el técnico pueda asegurar la presión adecuada de combustible dentro del sistema; la presión incorrecta puede provocar en el motor un funcionamiento con mezcla pobre si la presión es demasiado baja; si la presión es demasiado alta provocaría un funcionamiento con mezcla rica en combustible. Un defecto en el regulador de presión de combustible puede resultar en un alto consumo de combustible, marcha mínima en vacío brusca o errática y potencia pobre.

5.2.5. Inyectores

Los inyectores son dispositivos operados por solenoides; son válvulas normalmente cerradas que están controladas por la ECU; aterrizado al *monoblock* o al chasis; cada inyector se abre con un pulso de 5 voltios desde la ECU; la duración del pulso es solo de unos pocos milisegundos, y le lleva

tiempo al inyector cerrarse mediante la tensión del resorte; el inyector se abre en un tiempo aproximado de 3 a 10 milisegundos.

Los inyectores del sistema D-Jetronic fallan muy poco, a veces se quema un devanado de solenoide, o una obstrucción por contaminación; son estos los problemas más comunes; otro problema serio son las fugas en la manguera que une el inyector al riel de combustible.

Después de más de 20 años de cambios de temperatura intensos dentro del compartimiento del motor; aun el mejor hule puede agrietarse y empezar a tener fugas, hay juegos de mangueras de reemplazo para no tener que cambiar todo el inyector. Los síntomas comunes de problemas con inyectores incluyen marcha mínima brusca y potencia pobre.

5.2.6. Riel de combustible

Los inyectores y el regulador de presión de combustible se fijan a un tubo de acero conocido como riel de combustible, los tubos de combustible que proceden de la bomba y el filtro alimentan a los inyectores y al regulador de presión a través del riel de combustible. Como un componente del sistema, muy poco puede fallar en el riel de combustible, a excepción de fugas y obstrucciones.

Figura 29. **Riel de combustible**



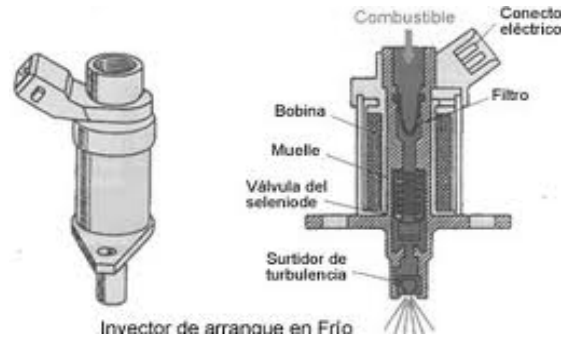
Fuente: www.rincondelvago.com. Consulta: mayo de 2014.

5.2.7. Inyector de arranque en frío

El inyector de arranque en frío está conectado directamente al riel de combustible e instalado en la entrada de aire al motor, justo después de la aleta del acelerador; este inyector suministra combustible extra al motor cuando este debe arrancar con una temperatura inicial de trabajo menor a los 35 grados Celcius.

El inyector no trabajará si el motor arranca con una temperatura mayor a los 35 grados Celcius, sin importar que no fuese arrancado en uno o varios días.

Figura 30. **Inyector de arranque en frío**



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net. Consulta: mayo de 2014.

5.3. Componentes del sistema de aire

Se encargan de conducir el aire necesario para la combustión, el cual debe de estar libre de elementos extraños que puedan dañar el motor.

5.3.1. Manguera de vacío del sensor de presión

Puede parecer extraño identificar una manguera de vacío como un componente de inyección de combustible; sin embargo cuando se trata de localizar una falla en un problema de funcionamiento, esta sencilla manguera puede tener tanto efecto en el funcionamiento del sensor de presión como cuando este está averiado.

5.3.2. Válvula de aire auxiliar

La válvula de aire auxiliar se utiliza para permitir que el aire se desvíe a la mariposa del acelerador mientras el motor se está calentando, para permitir una marcha mínima en vacío rápida. La válvula se fabrica en dos formas,

dependiendo si el motor es enfriado por aire o por agua; en aplicaciones de enfriamiento por agua, la válvula de aire auxiliar consiste en un bulbo térmico de expansión montado en la camisa de agua de la cabeza de cilindros; este controla una válvula deslizable, para así regular el volumen de aire a través de una derivación alrededor de la placa del acelerador.

Cuando el motor se enfría, el bulbo se contrae completamente, lo que hace que la válvula abra en su totalidad; esto permite un flujo de aire máximo a través de la desviación de aire auxiliar; a medida que se incrementa la temperatura del refrigerante en el motor se expande el bulbo térmico, cerrando la válvula y reduciendo la cantidad de aire permitida a través de la derivación.

Las aplicaciones de enfriamiento por aire utilizan una válvula bimetálica calentada eléctricamente; mientras funciona el motor la válvula bimetálica es calentada por el elemento eléctrico, cerrando lentamente la derivación de aire auxiliar y reduciendo la velocidad de marcha mínima del motor; una válvula de aire auxiliar defectuosa originará una velocidad de marcha mínima baja cuando el motor está frío, o una velocidad de marcha alta cuando el motor está caliente.

Figura 31. **Válvula de aire auxiliar**



Fuente: www.ingmecanicogeorge.blogspot.com. Consulta: mayo de 2014.

5.3.3. Derivación de aire en marcha mínima

A diferencia de un motor con carburador, el sistema D-Jetronic no utiliza el tornillo de tope del acelerador para ajustar la velocidad de marcha mínima; en su lugar utiliza un canal de derivación similar a la derivación de aire auxiliar; la derivación de aire en marcha mínima es ajustada por el técnico, el freno de la velocidad de marcha mínima debe ser cambiado solamente al ajustar la derivación de aire en marcha mínima y nunca al utilizar el tornillo de tope del acelerador.

5.3.4. Ajustes en la afinación del sistema

Todos los ajustes de afinación estándar tales como el punto de detención de encendido, tiempo de encendido, relación aire-combustible y velocidad en marcha mínima, se pueden hacer al sistema de inyección D-Jetronic. También se pueden realizar tres ajustes adicionales: la presión de combustible, el tope del acelerador y el interruptor del acelerador son ajustables.

5.3.5. Ajuste en la presión de combustible

El regulado de presión de combustible se localiza en el riel del mismo, en la mayor parte de las aplicaciones. En la parte superior del regulador de presión hay un tornillo hexagonal de ajuste con cabeza de 10 milímetros, sujeto en su sitio por medio de una tuerca; desconectar la manguera de combustible del inyector de arranque en frío y fijar un medidor de presión de combustible; arrancar el motor y dejarlo en marcha mínima en vacío.

Si la presión del combustible es diferente a 28 psi, aflojar la tuerca y ajustar la presión con el tornillo hexagonal de 10 milímetros; después de

ajustarla, asegurarse de que la tuerca esté apretada para evitar que la vibración del motor cambie la presión del combustible.

5.3.6. Ajuste del tope del acelerador (velocidad mínima de marcha en vacío)

Aunque la velocidad de marcha mínima en vacío nunca debe ajustarse con el tornillo del tope del acelerador, la operación suave y adecuada del sistema de inyección de combustible puede ser afectada por este ajuste. Empezar por asegurarse de que la válvula de aire auxiliar esté cerrada; permitir que el motor se caliente y verificar la velocidad de marcha mínima en vacío del motor; luego apagarlo y quitar la manguera de la válvula de aire auxiliar que está conectada a una toma de vacío del múltiple de admisión después de la mariposa del acelerador.

Conectar la manguera de nuevo a la toma de vacío y volver a arrancar el motor, la velocidad deberá ser casi exactamente la misma que como estaba con la manguera conectada en la manera normal. Si la velocidad disminuye mucho (de 50 a 100 rpm o más), reemplazar la válvula de aire auxiliar. Localizar el ajuste de derivación del aire en marcha mínima; este se localiza normalmente cerca del múltiple de admisión, con el motor funcionando en marcha mínima; cerrar completamente la derivación de aire de marcha mínima, aflojar la tuerca en el tornillo de tope del acelerador y ajustar la velocidad lo más bajo posible, sin que se pare el motor; luego parar el motor y verificar cuidadosamente si el acelerador se traba en la posición de cerrado.

5.3.7. Ajuste de velocidad de marcha mínima

Para ajustar la velocidad de marcha mínima conectar primero un tacómetro a la terminal negativa de la bobina; arrancar el motor y dejar que se estabilice la marcha mínima en vacío; asegurarse de que la válvula de aire auxiliar esté cerrada por completo y que el motor esté caliente; luego utilizar la derivación de aire en marcha mínima, ajustar la velocidad a lo especificado en la calcomanía debajo del cofre del motor; si no la tiene o es ilegible, utilizar los datos de la tabla XVI.

5.3.8. Ajuste del interruptor del acelerador

Localizar el interruptor del acelerador que está montado en el eje del acelerador, colocar una hoja de calibrador de 0,4 mm entre el tope del acelerador y su tornillo de tope; conectar un voltímetro a la terminal número 17 del interruptor del acelerador; el voltímetro debe leer un voltaje cuando el interruptor de encendido del motor se encuentra en la posición de encendido con el motor apagado; si se quita el calibrador, el voltaje debe caer a cero volts; si no se satisface esta condición, aflojar los tornillos montados en el interruptor del acelerador y girar el interruptor en el sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario, hasta que se cumplan estas condiciones.

Nota: si en la terminal 17 se lee un voltaje todo el tiempo, aún después de que se intentó realizar un ajuste, reemplazar el interruptor del acelerador; si el voltímetro no indica voltaje alguno, aún durante el ajuste, confirmar que haya voltaje de suministro al interruptor del acelerador; si existe voltaje reemplazar el interruptor.

5.3.9. Ajuste de la relación aire combustible

Una vez más, como el ajuste de la velocidad de marcha mínima en vacío, el motor debe estar caliente para realizar el ajuste de la relación aire combustible; insertar una sonda de CO (monóxido de carbono) en el tubo de escape.

Utilizar el potenciómetro localizado a un costado de la ECU, ajustar el porcentaje de lectura del CO a las especificaciones establecidas en la calcomanía que está debajo del cofre del motor; si no se tiene la calcomanía o es ilegible, utilizar la tabla siguiente.

Tabla XVI. **Especificaciones de afinación para algunos vehículos con inyección de combustible D-Jetronic**

Aplicación	RPM en vacío	% de CO
Mercedes-Benz		
1968-69	750-800	1.5-3.0
1970-71	750-800	1.0-2.0
1972-75	700-800	0.5-2.0
Porsche 914		
1970-71	850-950	0.7
1972	850-900	0.7
1973 1.7litros	850-900	0.7
1973 2.0 litros	850-950	1.5
1974 1.8 litros	800-900	2.0-3.0
1974-76 2.0 litros	850-950	1.0-3.0
Renault	950-1050	2.0-3.0

Continuación de la tabla XVI.

Saab	800-900	2.5-3.5
Volkswagen	850-900	No ajustable
Volvo	850-900	No ajustable

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Autodata.

5.4. Localización de fallas del sistema D-Jetronic

Cuando se localizan las fallas en un problema de funcionamiento en un automóvil con inyección de combustible D-Jetronic, se tiende a olvidar los fundamentos de la condición del motor y el sistema de encendido; lo que sigue es un diagnóstico lógico progresivo, aplicable sin importar el síntoma.

5.4.1. Pruebas de compresión

A menos que el motor esté en buenas condiciones, el sistema de inyección D-Jetronic no puede controlar con precisión la entrega de combustible al motor; la ECU está diseñada para considerar que los cambios en la presión del múltiple de admisión detectados por el sensor sean comparados con una base de datos programada de marcha mínima en vacío, puesto que el desgaste del motor puede afectar este vacío; cualquier localización de fallas debe iniciar con la certeza de que el motor está en buenas condiciones.

Cuando inicie una prueba de compresiones, asegurarse de que utilizar el procedimiento adecuado de medición indicado por el fabricante del vehículo; esto permitirá que los resultados obtenidos en la prueba de compresiones sean los correctos.

5.4.2. Ajuste de las válvulas

Puesto que la mayor parte de las aplicaciones que utiliza el sistema D-Jetronic cuenta con elevadores mecánicos, toma tiempo observar que las válvulas estén ajustadas adecuadamente; si bien la prueba de compresión detecta válvulas muy mal ajustadas, no se debe confiar en ella para decir que es correcto el ajuste de las válvulas y debe seguirse el procedimiento del ajuste indicado en el manual de servicio de fábrica para la aplicación en que se está trabajando.

5.4.3. Fugas de vacío

Debido a que la fuente principal de información para determinar la cantidad de combustible que el motor requiere es la presión del múltiple, la posibilidad de una fuga de vacío que provoque un problema de funcionamiento es aún mayor que en un automóvil con carburador.

Una de las mejores formas de detectar una fuga de vacío es utilizar líquido limpia carburadores, que se puede adquirir en las ventas de aceite y accesorios para vehículos. Con el motor caliente y una velocidad de marcha mínima en vacío, pasar un soplete del limpia carburador, atomizando el líquido en la parte baja del múltiple de admisión; poner particular atención a la junta entre el ensamble del acelerador y el múltiple de admisión, los sellos donde están montados los inyectores y los ejes del acelerador; las fugas de vacío se reconocen porque el motor tenderá a aumentar su velocidad al rociar el limpia carburador; cualquier fuga de vacío debe repararse de inmediato.

5.4.4. Sistema de encendido

Después de confirmar que el motor está en buenas condiciones de funcionamiento, verificar las condiciones de los componentes del encendido; revisar los platinos de disparo para ver si están quemados, picados o tienen algún daño que impida su buen funcionamiento; revisar la tapa y el rotor para verificar que no estén rajados o quemados, siempre que reemplacen la tapa y el rotor se aconseja que sean de la misma marca; las bujías no pueden ser siempre verificadas satisfactoriamente sin un analizador de motor, por tanto si existen dudas sobre las condiciones de las bujías, es mejor reemplazarlas.

Con un ohmiómetro medir la resistencia de los cables de las bujías; estos cables deben indicar la resistencia recomendada por el fabricante; muchos cables de encendido de reemplazo son de resistencia de alambre; las resistencias de alambre deberán ser de 5 000 a 1 0000 ohmios por pie; también debe verificarse si hay rajaduras o grietas en el aislamiento de los cables de las bujías, lo cual puede permitir que la chispa de la bujía haga arco a tierra reduciendo la potencia del motor.

5.4.5. Presión de combustible

Las pruebas deben empezar con la verificación de la presión de combustible, conectar el medidor de presión del combustible a la manguera que va al inyector de arranque en frío; poner en marcha el motor y permitir que se establezca la velocidad de marcha mínima.

La presión de combustible deberá ser de 30 psi; las variaciones menores en presión se pueden corregir al ajustar el regulador de presión de combustible.

Si esto ocurre solo en aceleración o cuando el motor está bajo carga, entonces la presión del combustible debe probarse bajo las mismas condiciones en que ocurre el síntoma; colocar el medidor de presión de combustible donde pueda ser visto con seguridad mientras se maneja el automóvil; luego observar una caída en la presión de combustible que coincida con el síntoma; este es el método más efectivo para evaluar el volumen del combustible.

Si la presión es extremadamente alta existen dos causas posibles: el regulador de presión de combustible está defectuoso o la línea de retorno de combustible está bloqueada; para determinar cuál está fallando, apagar el motor y quitar la línea de retorno del regulador de presión de combustible e instalar una manguera de prueba, la cual permita el retorno de combustible a un depósito adecuado, en seguida volver a poner en marcha el motor; si la presión de combustible es ahora normal, reparar la obstrucción en la línea de retorno; si la presión permanece alta, entonces reemplazar el regulador de presión. Si la presión es baja existen 10 causas posibles; la lista siguiente no tiene ningún orden específico, verificar en el orden conveniente.

- Inspeccionar el sistema para ver si tiene fugas externas.
- Asegurarse de que exista el combustible suficiente dentro del tanque para que la bomba pueda trabajar sin ningún problema.
- Verificar la ventilación del tanque del combustible; si existe un problema de ventilación, el combustible no podrá ser succionado por la bomba.
- El filtro de combustible en el tanque puede estar tapado generando una caída de presión de combustible.

- Inspeccionar la manguera del conector de captación de combustible; existe con frecuencia una manguera que conecta el filtro del tanque al captador de combustible; ocasionalmente esta manguera se perfora provocando que la bomba succione más aire que combustible.
- El filtro principal de combustible puede estar tapado; si está obstruido se reducirá el volumen de combustible, causando una pérdida en la presión del mismo.
- Verificar el regulador de presión de combustible; si la presión es baja todo el tiempo una de las causas principales podría ser el regulador; apretar la línea de retorno, si la presión aumenta cambiar el regulador de presión.
- Si la línea que va del tanque al riel de combustible está restringida, habrá reducción de volumen de combustible; esto podría causar a veces una reducción de presión de la alta demanda de combustible; verificar que esta línea no esté torcida o tapada.
- Confirmar si existe una caída de voltaje de 12 voltios a través de la bomba de combustible; si la lectura es menor de 12 voltios, conectar la terminal negativa de la bomba a tierra del chasis y si ahora el voltímetro indica 12 voltios, reparar la conexión a tierra; si el voltímetro aún marca menos de 12 voltios al conectar bien la tierra de la bomba, reparar la alta resistencia en el cable positivo de la bomba.
- Si al verificar lo anterior no se consigue que la bomba de combustible genere el volumen adecuado, la bomba puede estar defectuosa; cambiar

la bomba de combustible ya que es muy probable que su capacidad de generar el volumen necesario se ha reducido.

5.4.6. No hay presión de combustible

La falta de presión de combustible será debido a un problema eléctrico; existen dos fusibles y un relevador que podrían mantener la bomba de combustible funcionando; inspeccionar los fusibles no solo para ver si están abiertos o quemados, también para ver si tiene corrosión en los extremos. El relevador de la bomba de combustible debe producir un “clic” cuando se está activando, si no lo hace conectar una lámpara de prueba para verificar que el relevador esté funcionando correctamente; si el relevador envía voltaje a la bomba y esta tiene su conexión a tierra adecuadamente instalada, cambiar la bomba de combustible; si el relevador no envía voltaje, cambiar el relevador.

5.4.7. Prueba de flujo de inyectores

Si el motor está experimentando marcha mínima errática, funcionamiento brusco y baja potencia, es importante verificar la relación de flujo adecuada de combustible a través de los inyectores; quitar los inyectores del sistema de admisión dejándolos unidos al riel de combustible, colocar cada inyector en una probeta graduada; quitar las bujías y desconectar la terminal de la batería a la bobina de encendido y dar arranque al motor durante 60 segundos; observar la cantidad de combustible que fluye por los inyectores si la cantidad varía por más de 10 %; entre ellos limpiar o cambiar los inyectores.

5.5. Prueba de componentes eléctricos y electrónicos

Una vez revisado el motor y la calidad del encendido, así como la presión y el volumen adecuado del combustible, es tiempo de empezar a evaluar los componentes eléctricos y electrónicos del sistema; por conveniencia se aconseja llegar a la ECU y realizar las siguientes mediciones de resistencia en el arnés de la ECU. Esto permite una sola operación para probar el componente y su arnés, si un valor de resistencia es incorrecto, una prueba rápida determinará si el problema es el arnés o el componente.

5.5.1. Relevador principal

El relevador principal suministra potencia a la ECU, que a su vez suministra potencia a varios sensores y componentes del sistema de inyección de combustible. Con el motor funcionando deberá haber 12 voltios en la terminal número 24 de la ECU; si no lo hay, verificar si hay 12 voltios en la terminal número 24 del relevador, si no hay 12 voltios en la terminal del relevador y aún hace clic el relevador (se activa), cambiarlo; si hay 12 voltios en la terminal 24 del relevador, reparar el cable entre el relevador y la ECU.

Si el relevador no se activa, inspeccionar el cable en la terminal número 45 del relevador principal a tierra; si existe una buena tierra y hay 12 voltios en la terminal número 38 del relevador cuando el motor está arrancando, cambiar el relevador principal.

5.5.2. Platinos de disparo

Con el motor apagado y estando desconectado el arnés de la ECU, verificar la resistencia entre las terminales número 12 y 21 del arnés de la ECU,

luego de los números 12 y 22; una medición deberá mostrar muy baja resistencia cuando la otra tiene un circuito abierto; ahora girar el cigüeñal 360 grados; el par de terminales que anteriormente tenían continuidad debe mostrar un circuito abierto, y el par que mostró el circuito abierto deberá ahora presentar continuidad; si estas condiciones no se satisfacen, se debe repetir la prueba en los platinos de disparo para determinar si el problema está en el componente o en el arnés.

5.5.3. Sensor de la temperatura I

Con el motor apagado y el arnés desconectado de la ECU, conectar un ohmiómetro entre las terminales 1 y 13 del arnés del a ECU. Este sensor mide la temperatura del ambiente; con una temperatura de 29 grados Celsius, la resistencia deberá ser de alrededor de 200 ohmios; si la temperatura es mayor, la resistencia será un poco más baja, si la temperatura es un poco inferior a 29 grados Celsius, la resistencia será un poco mayor; si la resistencia es mucho más baja o alta que la descrita, verificar la resistencia en las terminales del sensor para determinar si el problema está en este o en el arnés.

5.5.4. Sensor de la temperatura II

El sensor de temperatura II es el sensor de temperatura del refrigerante o de temperatura de la cabeza de cilindros; con el motor apagado y el arnés desconectado de la ECU, verificar la resistencia entre la terminal número 23 del arnés y tierra, con el motor a temperatura ambiente de 18 a 29 grados Celsius la resistencia deberá ser de aproximadamente 2 000 ohmios; cuando el motor está a la temperatura de funcionamiento, la resistencia deberá estar muy debajo de 1 000 ohmios; si la resistencia no satisface estas especificaciones probar la resistencia directamente en el sensor.

En un motor enfriado por aire, el sensor se encuentra por lo general a la izquierda de la cabeza de cilindros; en un motor enfriado por agua el sensor se encuentra cerca del compartimiento del termostato.

5.5.5. Interruptor del acelerador

Para probar el interruptor del acelerador reconectar el arnés a la ECU; lentamente abrir el acelerador, con la llave de *swich* en la posición de encendido, al ir abriendo lentamente el acelerador, la parte trasera de cada inyector debe hacer un clic alternado; se debe escuchar 20 veces ese sonido espaciado de manera uniforme; si no son 20 clics verificar el ajuste del interruptor del acelerador como se explicó con anterioridad; si después del ajuste aún no se escuchan los 20 clics en los inyectores, cambiar el interruptor del acelerador. Si no escucha los clics verificar que los cables número 20, 17,14 y 9, para ver si hay continuidad de extremo a extremo de la ECU, al interruptor del acelerador.

5.5.6. Sensor de presión

Con el motor apagado y el arnés desconectado de la ECU probar la resistencia de las terminales 7 al 15 del arnés de la ECU; la lectura debe de ser de 90 ohmios; ahora verificar la resistencia entre el número 8 y 10, la cual deberá ser de 350 ohmios; si las lecturas no son cercanas a estas cifras, repetir la prueba pero en las terminales del sensor; si el sensor está funcionado correctamente, reparar el arnés; si es el sensor el defectuoso, remplazar por uno nuevo. En algunos casos la resistencia del sensor de presión estará correcta, pero el sensor no sostendrá el vacío; probar para esto con una bomba de vacío manual, aun con las resistencias adecuadas pero sin la habilidad para mantener el vacío, el sensor estará defectuoso.

5.5.7. Circuito del inyector

Si el síntoma por diagnosticar pudiera ser atribuido a uno o más de los inyectores que no están trabajando correctamente, por ejemplo potencia baja o pérdida de marcha mínima, entonces la continuidad de los circuitos inyectores deberá verificarse. Con el motor apagado y el arnés desconectado de la ECU, verificar la resistencia en las terminales 3, 4, 5 y 6 a tierra del arnés de la ECU; en cada caso deberá haber alguna resistencia pero menor de 25 ohmios, si la lectura de la resistencia es excesivamente mayor o menor, se debe medir en las terminales de cada inyector; si la resistencia de los inyectores es la adecuada, entonces reparar el arnés.

5.5.8. Sistema de arranque en frío

El inyector de arranque en frío no está controlado por la ECU, más bien es un dispositivo eléctrico controlado por el interruptor de encendido como una fuente de alimentación, y el interruptor térmico de tiempo como la tierra. El inyector de arranque en frío está diseñado para operar solo cuando el motor está siendo arrancado y la temperatura del motor es inferior a 35 grados Celsius; como resultado, en áreas de clima cálido, la válvula de arranque en frío no trabaja en lo absoluto.

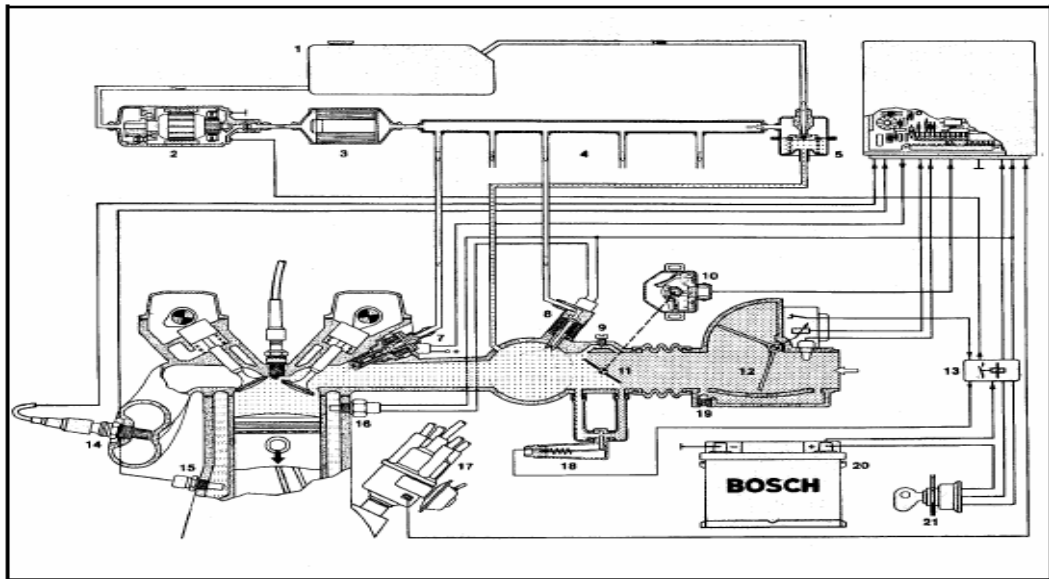
Para diagnosticarlo retirar el inyector de arranque en frío del múltiple de admisión, luego colocar el inyector en un recipiente seguro y arrancar el motor; si la temperatura del motor está por debajo de los 35 grados Celsius, el inyector de arranque en frío deberá de rociar; si no lo hace colocar una lámpara de prueba en cada uno de sus terminales y verificar si al dar arranque al motor, la lámpara de prueba recibe pulso de tierra y de corriente; si estos existen,

entonces reemplazar el inyector de arranque en frío; de no ser así, reparar el arnés.

6. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE L-JETRONIC

El sistema L-Jetronic de Bosch fue introducido en 1974, destaca en él un sistema de medición de aire que resulta bastante menos sensible al desgaste del motor que el sensor de presión del múltiple de admisión utilizado por el sistema de inyección D-Jetronic, otras diferencias sutiles, junto con el desarrollo actual han hecho del sistema L-Jetronic la base para la mayor parte de los sistemas de inyección de combustible fabricados en Estados Unidos

Figura 32. Esquema de un sistema de inyección L-Jetronic



Fuente: forocoches.com. Consulta: mayo de 2014.

El sistema L-Jetronic se reconoce fácilmente por el medidor de flujo de aire o la caja de aire; el medidor de flujo es su fuente principal de información para el control de combustible a través de los inyectores. Desde que se estableció el sistema L-Jetronic, sus resultados han satisfecho las necesidades de una larga lista de fabricantes de automóviles.

Tabla XVII. **Lista de algunos vehículos que utilizan el sistema de inyección L-Jetronic**

Marca	Marca
Alfa Romeo	GM
Bertone	Mitsubishi
Bittle	Opel
Datsun/Nissan	Peugeot
Ford	Porsche
Honda	Rang Rover
Isuzu	SEAT
Jaguar	Subaru
Mazda	Toyota

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

6.1. Sensores

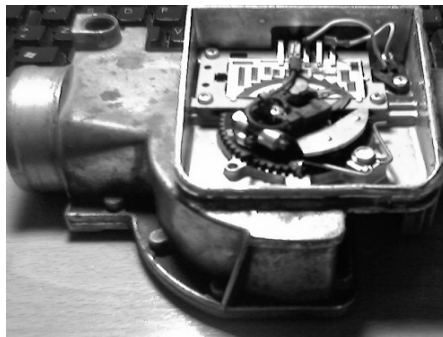
La información que la computadora recibe de los sensores, es utilizada para controlar el tiempo que los inyectores deben estar abiertos para lograr el máximo rendimiento del motor en todo rango de velocidad.

6.1.1. Medidor de flujo de aire

Para iniciar la descripción de los componentes del sistema, se debe echar una mirada al corazón del sistema L-Jetronic, el medidor de flujo de aire; este es un dispositivo electromecánico que combina una aleta con resorte comprimido que se mueve con el cambio en el volumen de aire que entra al motor, y un potenciómetro que gira cuando la aleta cambia de posición; existe también un sensor de temperatura localizado en el medidor de flujo de aire, al medir los cambios en el volumen de aire y al monitorear la temperatura de aire; la computadora puede calcular la masa de aire que entra al motor; una vez que es calculada la masa de aire que entra al motor, la computadora puede medir la cantidad de combustible adecuada a través de los inyectores.

Un medidor de flujo de aire defectuoso normalmente resulta en un problema de vacilación o pérdida de potencia cuando el motor está bajo carga; un medidor de flujo de aire trabado o desgastado mecánicamente también puede influir en un decaimiento de potencia, atasco y petardeo severo a través del múltiple de admisión.

Figura 33. Medidor de flujo de aire



Fuente: www.clubjapo.com. Consulta: mayo de 2014.

6.1.2. Sensor de temperatura I

El sensor de temperatura del aire de ingreso al motor, es el del aire del ambiente; generalmente está localizado en el medidor de flujo de aire, pero puede encontrarse también en el limpiador de aire; el sensor es un termistor con coeficiente negativo de temperatura (NTC).

La temperatura del aire es la medición de la densidad del aire: a medida que aumenta su temperatura la densidad disminuye; como resultado, se reduce la cantidad de combustible requerida para mantener la relación adecuada aire-combustible a temperaturas más altas.

Un sensor de temperatura del aire de admisión defectuoso, normalmente origina un cambio sutil en la relación aire-combustible, más consumo de combustible por kilómetro recorrido.

Figura 34. **Sensor de temperatura del aire de admisión**



Fuente: www.clubjapo.com. Consulta: mayo de 2014.

6.1.3. Sensor de temperatura II

El sensor de la temperatura del refrigerante, en el caso de un motor enfriado por aire, cumple la misma función del sensor de temperatura de la cabeza de cilindros del motor enfriado por aire; es también un termistor de tipo NTC. La labor principal de este sensor es reemplazar la función del calentamiento del estrangulador; a medida que se incrementa la temperatura del motor, la resistencia del termistor disminuye, mientras la computadora detecta la disminución de la resistencia, reduce la cantidad de tiempo en que los inyectores se mantienen abiertos; esto empobrece la relación aire-combustible.

Este termistor NTC disminuye su resistencia de aproximadamente 10 000 ohmios a 14 grados Fahrenheit a menos de 300 ohmios a temperatura normal de operación; estas resistencias difieren algo de un automóvil a otro; para mayor detalle referirse siempre a los datos técnicos de la marca y modelo del vehículo a reparar o diagnosticar.

Muchas de las aplicaciones en últimos modelos también utilizan el sensor de la temperatura del refrigerante en el arranque en frío; la computadora aumenta el ancho del pulso del inyector en forma dramática cuando se pone en marcha el motor frío; esto reemplaza la función del enriquecimiento de la mezcla en el arranque en frío realizado por el inyector de arranque utilizado en sistemas K-Jetronic y D-Jetronic; un sensor de temperatura del refrigerante defectuoso puede resultar en una economía pobre de combustible, falla excesiva en las bujías, operación brusca del motor y dificultad de arranque del mismo en caliente o aun en frío.

Figura 35. **Sensor de temperatura del refrigerante**



Fuente: www.miac.es. Consulta: junio de 2014.

6.1.4. Señal del tacómetro

El sistema D-Jetronic, para abrir y cerrar sus inyectores depende del pulso de un conjunto gemelo de platinos que están en el distribuidor debajo de los platinos de ignición; a medida que la tecnología fue progresando en el sistema L-Jetronic este pulso se sincroniza con la misma señal de encendido primario utilizado para activar la bobina de encendido; si bien esto reduce el número de componentes directamente considerados entre las partes de inyección de combustible, liga el sistema de inyección a cualquier problema que pudiera ocurrir en el encendido primario y secundario.

6.1.5. Interruptor del acelerador

Puesto que el medidor de flujo de aire registra cambios en el volumen de aire que entra al motor y el volumen de aire está muy relacionado con la posición del acelerador, es necesario que el interruptor del acelerador solo informe a la ECU cuando el acelerador está cerrado o completamente abierto;

dos juegos de contactos dentro del interruptor del acelerador llevan a cabo esta función; un interruptor de acelerador defectuoso provocará problemas en la economía de combustible o problemas de vacilación.

Figura 36. **Interruptor del acelerador**



Fuente: www.kikevaladez.bogspot.com. Consulta: junio de 2014.

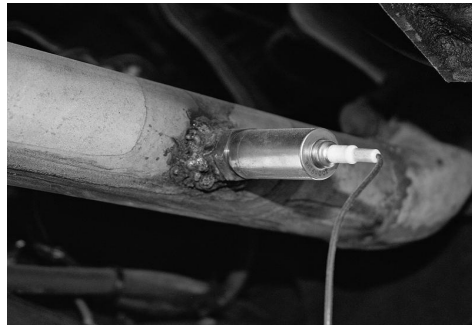
6.1.6. Sensor de oxígeno

El sensor *lambda* es el nombre que dio Bosch a lo que en la industria automotriz se conoce como sensor de oxígeno; este dispositivo empezó a aparecer en las aplicaciones L-Jetronic en 1979; su propósito es detectar desbalances en la relación aire-combustible, de modo que la ECU pueda efectuar ajustes menores; el término *lambda* proviene de la letra griega que los ingenieros automotrices alemanes utilizan para representar la relación aire-combustible perfecta o estequiométrica.

El dispositivo consiste en electrodos de platino separados por una capa de cerámica de dióxido de circonio; la cerámica empieza a conducir los iones de oxígeno cuando su temperatura alcanza aproximadamente 600 grados Fahrenheit; su comportamiento es parecido al de un generador de voltaje; a medida que el contenido de oxígeno del escape disminuye, el voltaje de salida

del sensor aumenta; este voltaje de salida está en el rango de 100 a 900 milvoltios (0,1 a 0,9 voltios).

Figura 37. **Sensor de oxígeno**



Fuente: www.especiales.ve.autocosmos.com. Consulta: junio de 2014.

6.1.7. Unidad electrónica de control (ECU)

La ECU reúne datos de varios sensores para determinar cuánto tiempo deberán permanecer abiertos los inyectores de combustible.

La energía para hacer funcionar la ECU, es entregada a través de un relevador controlado por el interruptor de encendido; las fallas de la ECU son poco frecuentes y normalmente consisten en que el motor no arranca.

Antes de retirar la ECU verificar que el relevador y su fusible de protección se encuentren en buen estado y que proporcionen el voltaje necesario para que la misma trabaje de manera correcta.

Figura 38. **Unidad electrónica de control L-Jetronic**



Fuente: www.ecatepec.anuncionya.com.mx. Consulta: junio de 2014.

6.2. Componentes del sistema de combustible

Se encargan de mantener el combustible limpio y conducirlo hasta los inyectores, manteniéndolo a la presión adecuada.

6.2.1. Filtro del tanque

Se encuentra dentro del tanque, es una malla diseñada para proteger la bomba de combustible contra corrosión, suciedad, y residuos, aunque raras veces es la causa de un problema en el funcionamiento del automóvil.

El filtro del tanque debe tener prioridad en la lista de componentes a verificar; en muchos casos estos filtros son ignorados por completo cuando los automóviles entran a servicio.

Figura 39. **Filtro del tanque de combustible**



Fuente: Isuzu Rodeo, modelo 2001.

6.2.2. **Bomba de combustible**

La bomba de combustible utilizada en el sistema de inyección de combustible L-Jetronic es de paletas con rodillos; la celda de rodillos es impulsada por un motor eléctrico a más de 3 500 rpm. Esta bomba es capaz de lograr presiones arriba de los 60 psi. En la mayor parte de los casos existe una válvula de retención a la salida de la bomba, para evitar que la presión que queda dentro del sistema al momento de apagar el motor dañe la bomba de combustible.

Figura 40. **Bomba de combustible**



Fuente: Isuzu Rodeo, modelo 2001.

6.2.3. Filtro de combustible

El filtro de combustible en el sistema L-Jetronic debe cambiarse en cada afinación del sistema; en los intervalos de servicio recomendados por los fabricantes no siempre se consideran las condiciones extremas bajo las cuales funciona la mayor parte de los automóviles que se manejan en algunas de las regiones. Este filtro tiene extrema importancia, porque es la única protección que tiene el sistema de inyección de combustible contra la contaminación del mismo.

El filtro de combustible utilizado en el sistema L-Jetronic es de metal, debe de ser remplazado por uno nuevo cada vez que se cambien las bujías; el filtro de combustible es capaz de filtrar partículas tan pequeñas como de 10 micras (0,000010 metros); este nivel de filtración es necesario debido a la abertura extremadamente pequeña en la punta del inyector.

Figura 41. Filtro de combustible



Fuente: www.naikontuning.com. Consulta: junio de 2014.

6.2.4. Regulador de presión de combustible

El regulador de presión de combustible del sistema L-Jetronic, consiste en una válvula conectada a un diafragma con resorte comprimido, el regulador controla la presión entre 30 y 40 psi; en la mayor parte de las aplicaciones de marcha mínima en vacío, una línea conecta el regulador al múltiple de admisión, permitiendo que la presión del múltiple se aplique al lado posterior del diafragma.

El efecto resultante es que cuando el acelerador esté abierto y la presión del múltiple de admisión se aumente, la presión de combustible se incrementará entre 5 y 10 psi; esto logra dos cosas: permite que la presión diferencia se mantenga a través de la punta del inyector, y actúa como una bomba del acelerador en un sistema carburado.

La presión incorrecta del combustible puede provocar que el motor funcione con mezcla pobre o rica; si la presión del combustible es demasiado baja, el motor funcionará con mezcla pobre; si la presión de combustible es demasiado alta, el motor funcionará con mezcla demasiado rica.

Un defecto en el regulador de presión del combustible puede resultar en un alto consumo de combustible, marcha mínima en vacío brusca o errática y potencia pobre.

Figura 42. **Regulador de presión de combustible**



Fuente: www.rderacing.com. Consulta: junio de 2014.

6.2.5. Inyectores

Los inyectores son válvulas normalmente cerradas, accionadas por solenoides y energizadas por un voltaje de ignición conmutado que pasa por un fusible; la ECU proporciona la tierra pulsada, gracias a la cual se abren los inyectores.

Además de una obstrucción o contaminación, hay poco que pueda estar mal en un inyector; el diseño del inyector en el sistema L-Jetronic es idéntico al del sistema D-Jetronic; algunos de estos inyectores han estado en uso desde que salió el vehículo de la fábrica y aún les queda mucho tiempo de vida de servicio.

Los síntomas asociados con inyectores dañados; incluyen marcha mínima en vacío brusca y potencia pobre y vacilación del motor, cuando uno o varios inyectores no abren.

Figura 43. **Inyectores**

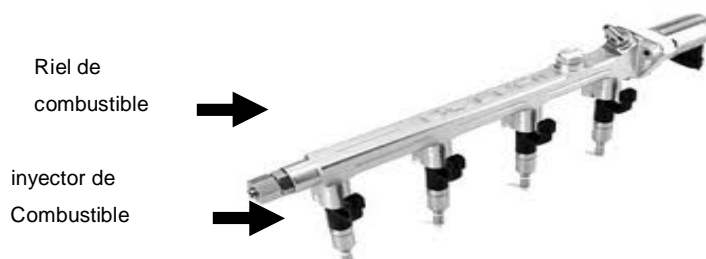


Fuente: alivava.com. Consulta: julio de 2014.

6.2.6. **Riel de combustible**

Los inyectores y el regulador de presión de combustible se fijan a un tubo de acero conocido como riel de combustible; el tubo de combustible que procede de la bomba y del filtro alimenta combustible a los inyectores y al regulador de presión a través del riel de combustible. Las fallas que puede presentar el riel de combustible son fugas u obstrucciones.

Figura 44. **Riel de combustible**



Fuente: html.rincondelvago.com. Consulta: julio de 2014.

6.2.7. Inyector de arranque en frío

Durante la primera mitad de la década de los ochenta; la mayor parte de las aplicaciones del sistema L-Jetronic utilizó un inyector de arranque en frío o un quinto inyector, el inyector de arranque en frío recibe el voltaje de la batería cuando el interruptor de encendido está en la posición de arranque, se aterriza a través del interruptor termo-tiempo; este interruptor es bimetálico, sensible a la temperatura, está diseñado para proporcionar una tierra al inyector de arranque en frío, cuando la temperatura del refrigerante es menor de 35 grados Celsius.

Un segundo circuito en el interruptor es un elemento térmico eléctrico para calentar el bimetálico mientras el motor arranca; en consecuencia, el inyector debería operar solo cuando se está poniendo en marcha el motor y la temperatura del mismo es menor de 35 grados Celsius y durante un máximo de 5 a 12 segundos.

Dos de los síntomas más comunes de un problema de arranque en frío son: un arranque brusco cuando está frío (si el inyector no está trabajando), y un funcionamiento con mezcla rica (si el inyector tiene fugas de combustible).

6.3. Componentes del sistema de aire

Son los encargados de limpiar y conducir el aire necesario para la combustión dentro de los cilindros del motor.

6.3.1. Medidor de flujo de aire

El medidor de flujo de aire no solo es uno de los sensores del sistema; también es parte del sistema de admisión de aire todo el aire que pasa a través del medidor; este se utiliza como parte de la relación aire combustible que llega al motor. Es importante que no existan fugas de aire tanto en el medidor como en el tubo de hule que se conecta al ensamble del acelerador del múltiple de admisión; a tal fuga se le llama aire falso.

El aire falso entra al múltiple de admisión y se utiliza como parte de la carga aire combustible, ya que este aire que se desvía del medidor no es medido y provoca que el motor funcione con mezcla pobre.

6.3.2. Válvula de aire auxiliar

La válvula de aire auxiliar se utiliza para permitir que el aire se desvíe a las placas del acelerador mientras se está calentando el motor, para permitir una marcha mínima en vacío superior; la válvula consiste en un elemento bimetalico calentado eléctricamente; cuando el motor se arranca estando frío, la válvula se abrirá; mientras funciona el motor el bimetálico de la válvula es calentado por el elemento eléctrico, cerrando en forma lenta la derivación del aire que entra al motor; así se reduce el aire que entra al motor y a su vez la marcha mínima del motor.

6.3.3. Derivación de aire en marcha mínima

A diferencia de un motor con carburador el sistema L-Jetronic no utiliza el tornillo del tope del acelerador para ajustar la velocidad de marcha mínima; en su lugar emplea un canal de derivación similar al de la derivación de aire

auxiliar; a diferencia de la derivación de aire auxiliar, la de aire de marcha mínima es ajustada por el técnico.

6.4. Ajustes en la afinación del sistema L-Jetronic

Los ajustes se realizan para lograr el máximo rendimiento del motor, consumiendo la cantidad mínima de combustible.

6.4.1. Ajuste de la presión del combustible

Se debe evaluar la presión del combustible antes de hacer cualquier ajuste; si la presión de combustible es incorrecta, los ajustes a la relación aire-combustible o al interruptor del acelerador serán incorrectos o no tendrán sentido. La presión de combustible siempre se debe evaluar y corregir antes de que se haga cualquier ajuste relacionado con la inyección de combustible.

6.4.2. Ajuste del tope del acelerador

Aunque nunca se debe de ajustar la velocidad de marcha mínima en vacío con el tornillo del tope del acelerador, la operación suave y correcta del sistema de inyección puede ser afectada por este ajuste. Observar (esto puede requerir el uso de un espejo), que la válvula de aire esté completamente cerrada; si la válvula no está accesible, se debe permitir que el motor se caliente y luego medir la velocidad de marcha mínima en vacío; después debe apagarse el motor y quitar la manguera de la válvula de aire auxiliar al múltiple de admisión, volver a arrancar el motor y medir de nuevo la velocidad en marcha mínima.

Si no existe una diferencia significativa entre la velocidad del motor con la manguera conectada y con la manguera desconectada, la válvula de aire auxiliar está cerrada.

Si la válvula de aire auxiliar no cierra, comprobar que existen 12 voltios y una buena tierra que alimente a la válvula; si existen reemplazar la válvula de aire auxiliar. Localizar y cerrar el ajuste manual de derivación del aire de marcha mínima en vacío; la derivación de aire de marcha en vacío se localiza por lo general en la parte superior del múltiple de admisión, cerca del ensamble del acelerador, aflojar la contratuerca del tornillo del tope del acelerador y ajustar la velocidad lo más baja posible, sin que se pare el motor; esta velocidad deberá ser alrededor de 600 rpm para un motor de cuatro cilindros, de 550 rpm para un motor de seis cilindros de aproximadamente 500 para un motor de ocho cilindros, parar el motor y revisar con cuidado si se traba el acelerador en la posición de cerrado.

6.4.3. Ajuste del interruptor del acelerador

Existen tres terminales en el interruptor del acelerador L-Jetronic; una terminal es el común; la segunda es para acelerador cerrado y la tercera es para acelerador abierto completamente. Desconectar el arnés del interruptor del acelerador y conecte un ohmiómetro entre la terminal común y el contacto del acelerador en la posición abierta; abrir poco a poco el acelerador, justo antes de que alcance la abertura completa el ohmiómetro deberá indicar cero ohmios, ahora cerrar lentamente el acelerador y justo antes de su posición abierta el ohmiómetro deberá indicar resistencia infinita, dejar la terminal del ohmiómetro conectada a la posición de abierta y conectar la otra terminal en la posición de cerrado.

Con el acelerador cerrado la resistencia deberá ser de cero ohmios; abrir el acelerador unos pocos grados en forma rápida y el ohmiómetro deberá indicar una resistencia infinita, si no se satisfacen estas condiciones, ajustar el interruptor del acelerador; si no se dan estas condiciones mediante el ajuste, significa que el circuito o el interruptor del acelerador está defectuoso y debe sustituir el interruptor del acelerador por uno nuevo.

6.4.4. Ajuste de la velocidad máxima de marcha en vacío

Después de ajustar la mínima velocidad de marcha en vacío, es el momento de ajustar la velocidad máxima; esto se efectúa mediante el ajuste de la derivación del aire de marcha en vacío; hay que tener presentes dos cosas: primero, la velocidad de marcha en vacío para la mayor parte de los automóviles con transmisión automática; esta deberá ajustarse en la posición de *drive*; segundo, después de ajustar la relación aire-combustible puede ser necesario volver a ajustar la velocidad de marcha en vacío.

Tabla XVIII. Especificaciones de velocidad máxima de marcha en vacío

Aplicación	Rpm en vacío, transmisión manual	Rpm en vacío, Transmisión automática
Alfa Romeo 1982-196 Todos los modelos	900	
AMC 1983-1990	650	650
Encore	700	700
BMW 1975-1978 EFI	950	950
1979 633, CSi y 733i	950	950

Continuación de la tabla XVIII.

1980-81 todos EFI	Electrónicamente controlados	Electrónicamente controlados
1982-92	700	750
Datsun/Nisan 1975-79 280Z	800	800
280 ZX	750	750
1977-79, 810	700	700
1980 200SX	700	700
1980 280ZX	700	700
1981-1984 todos	700	650
1984 200SX	700	650
1984 300ZX turbo	700	700
Máxima 85-88	700	700
Stanza 1985-88	750	750
Pulsar, 1987-92	750	750
Fiat 1980-94 todos	800	750
Peugeot 1985-1988	850	750
Porsche 1975-1984	850	850
1984-1986 carrera	750	750
Subaru 1984-1988	700	800
Toyota 1979-1988 supra	800	800
1980 Cressida	800	800
1981-1982 Todos	800	800
1985-1995 Camry	700	750
1985-1992 Corolla y MR2	800	800

Continuación de la tabla XVIII.

1985-1991 Celica	750	750
1985-88 Cressida	650	650
1985-1990 Pickup y 4Runer	750	750
1985-1990 Pickup Turbo	800	800
1985-1990 4Runer Turbo	800	800
Volkswagen 1975-88	875	950

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

6.4.5. Ajuste de la relación aire combustible

El ajuste preciso de la relación aire-combustible o del monóxido de carbono requiere el uso de un medidor de monóxido de carbono (CO); normalmente estos se encuentran solo con un analizador de emisiones de gases de motor que cuesta miles de dólares; para un técnico particular o para un pequeño taller, el costo del equipo es demasiado alto; como resultado para este ajuste puede ser necesario llevar el automóvil a un taller que tenga uno de esos equipos; en algunas marcas, como Toyota y Renault, el ajuste se puede hacer con un voltímetro.

Se lleva a cabo el ajuste del CO girando un tornillo largo en el medidor de flujo de aire; este tornillo altera el aire que es permitido a la aleta del medidor de flujo de aire de derivación, la que a su vez cambia la relación de aire combustible.

Tener precaución al realizar el ajuste del CO; proceder de manera incorrecta puede afectar severamente la mezcla y la economía del combustible; remitirse a la tabla de especificaciones del fabricante para realizar estos ajustes correctamente.

6.5. Localización de fallas del sistema L-Jetronic

Cualquier localización de falla debe iniciar con el conocimiento de que el motor está en buenas condiciones, Aunque el sistema L-Jetronic es menos sensible a las condiciones de desgaste del motor que el viejo sistema D-Jetronic, es necesario que el motor esté en buenas condiciones para que el sistema L-Jetronic pueda controlar con precisión la entrega de combustible al motor.

6.5.1. Prueba de compresión

El sistema L-Jetronic utiliza el volumen de aire dentro del múltiple de admisión como una de las entradas primarias a la ECU para decidir cuánto tiempo dejar abiertos los inyectores, puesto que el desgaste del motor puede afectar la cantidad de aire que fluye al interior del múltiple de admisión.

Cualquier localización de falla debe iniciar con el conocimiento de que el motor está en buenas condiciones; cuando se haga la prueba de compresiones, asegurarse de realizar la prueba de forma correcta, referirse al manual del fabricante para conocer la forma correcta de realizar la prueba.

6.5.2. Ajuste de las válvulas

Puesto que la mayor parte de las aplicaciones que utiliza el sistema L-Jetronic cuentan con elevadores mecánicos, se debe dar tiempo para asegurar que las válvulas estén ajustadas en forma correcta; si bien la prueba de compresiones delatará que las válvulas están ajustadas, no confiar en ella para suponer que todas están ajustadas en forma correcta; quitar la cubierta de las válvulas y seguir el procedimiento de ajuste descrito en el manual de servicio del fabricante del automóvil para ajustar la holgura de las válvulas.

6.5.3. Fugas de vacío

Debido a que la fuente principal de información para determinar la cantidad de combustible que el motor requiere es el flujo de aire en el múltiple de admisión, la medición precisa del volumen de aire que entra en el múltiple es fundamental; todo aire que entra al sistema entre el medidor de flujo y la válvula de admisión será falso; este puede provocar que el sistema de combustible funcione con mezcla pobre; la posibilidad de una fuga de vacío o aire falso que provoque un problema de funcionamiento es aún más alta que en un automóvil con carburador.

6.5.4. Sistema de encendido

Después de confirmar que el motor está en buenas condiciones comprobar el estado de los componentes del sistema de encendido; revisar el distribuidor para verificar si hay algún componente quemado; así también la tapa del distribuidor y el rotor en busca de rajaduras y quemaduras; siempre que reemplace la tapa del distribuidor, también debe hacerse con el rotor y ambos deben de ser de la misma marca.

6.5.5. Presión de combustible

Las pruebas deben empezar con la verificación de la presión del combustible; conectar el medidor de presión del combustible a la manguera que va al inyector de arranque en frío, encender el motor y permitir que se estabilice en la velocidad de marcha mínima; la presión del combustible deberá ser de 30 a 35 psi. El regulador de presión del sistema L-Jetronic no es ajustable. Una manguera de vacío entre el regulador de presión de combustible y el múltiple de admisión permite que se incremente la presión a medida que se abre el acelerador y aumenta la presión en el múltiple; el incremento en la presión funciona como una bomba de aceleración en un motor con carburador.

Si el síntoma se presenta solo en la aceleración o cuando el motor está bajo carga, entonces la presión de combustible debe probarse bajo las mismas condiciones en que ocurre el síntoma. Colocar el medidor de presión de combustible donde se pueda ver con seguridad mientras se maneja el automóvil; observe una caída en la presión de combustible que coincida con el síntoma; este es el método más efectivo para medir la presión de combustible.

Si la presión es extremadamente alta existen dos causas posibles: el regulador de presión de combustible está defectuoso o la línea de retorno de combustible está bloqueada; para determinar cuál está fallando apagar el motor y quitar la línea de retorno del regulador de presión de combustible e instalar una manguera de prueba, la cual permita el retorno de combustible a un depósito adecuado; en seguida volver a poner en marcha el motor.

Si la presión de combustible es ahora normal, reparar la obstrucción en la línea de retorno; si la presión permanece alta entonces reemplazar el

regulador de presión, si la presión es baja existen 10 causas posibles. La lista siguiente no tiene ningún orden específico, verificar en el orden que convenga.

- Inspeccionar el sistema para ver si tiene fugas externas.
- Asegurarse de que exista el combustible suficiente dentro del tanque para que la bomba pueda trabajar sin ningún problema.
- Verificar la ventilación del tanque del combustible; si existe un problema de ventilación el combustible no podrá ser succionado por la bomba.
- El filtro de combustible en el tanque puede estar tapado, generando una caída de presión de combustible.
- Inspeccionar la manguera del conector de captación de combustible; existe con frecuencia una manguera que conecta el filtro del tanque al captador de combustible; ocasionalmente esta manguera se perfora provocando que la bomba succione más aire que combustible.
- El filtro principal de combustible puede estar tapado; si está obstruido se reducirá el volumen de combustible causando una pérdida en la presión.
- Verificar el regulador de presión de combustible, si la presión es baja todo el tiempo, una de las causas principales podría ser el regulador. Apretar la línea de retorno; si la presión aumenta, cambiar el regulador de presión.

- Si la línea que va del tanque al riel de combustible está restringida, habrá reducción de volumen de combustible; esto podría causar, a veces, una reducción de presión de la alta demanda de combustible; verificar que esta línea no esté torcida o tapada.
- Confirmar si existe una caída de voltaje de 12 voltios a través de la bomba de combustible; si la lectura es menor de 12 voltios, conectar la terminal negativa de la bomba a tierra del chasis y si ahora el voltímetro indica 12 voltios, reparar la conexión a tierra; si el voltímetro aún marca menos de 12 voltios al conectar bien la tierra de la bomba, reparar la alta resistencia en el cable positivo de la bomba.
- La bomba puede estar defectuosa; si al verificar lo anterior no aumenta la presión de combustible cambiar la bomba de combustible; es muy probable que su capacidad de generar el volumen necesario se ha reducido.

6.5.6. Prueba del flujo en los inyectores

Cuando hay marcha mínima errática, funcionamiento brusco y baja potencia, es importante confirmar la relación de flujo adecuado a través de los inyectores; quitar los inyectores del sistema de admisión dejándolos unidos al riel de combustible; colocar cada inyector en una probeta graduada, quitar las bujías y desconectar la terminal de la batería a la bobina de encendido y de arranque al motor durante 60 segundos; observar la cantidad de combustible que fluye por los inyectores; si la cantidad varía por más de 10 % entre ellos limpiar o cambiar los inyectores.

6.5.7. Sistema de arranque en frío

El inyector de arranque en frío no está controlado por la ECU, más bien es un dispositivo eléctrico controlado por el interruptor de encendido como una fuente de alimentación y el interruptor térmico de tiempo como la tierra.

El inyector de arranque en frío está diseñado para operar solo cuando el motor está siendo arrancado y la temperatura del motor es inferior a 35 grados Celsius; como resultado en áreas de clima cálido la válvula de arranque en frío no trabaja en lo absoluto.

Para diagnosticarlo retirar el inyector de arranque en frío del múltiple de admisión; luego colocar el inyector en un recipiente seguro y arrancar el motor; si la temperatura del motor está por debajo de los 35 grados Celsius el inyector de arranque en frío deberá de rociar; si no lo hace, colocar una lámpara de prueba en cada uno de sus terminales y verificar si al dar arranque al motor la lámpara de prueba recibe pulso de tierra y de corriente; si estos existen entonces reemplazar el inyector de arrancar en frío, de no ser así reparar el arnés.

6.6. Prueba de componentes del sistema de inyección L-Jetronic

Para probar los componentes se puede hacer uso del multímetro y el osciloscopio; en algunos casos solo se podrá utilizar uno de ellos; es más confiable el osciloscopio.

6.6.1. Prueba del medidor de flujo de aire

El medidor de flujo de aire tiene dos componentes principales que son: el sensor de temperatura del aire y el potenciómetro de flujo de aire; el potenciómetro de flujo de aire está conectado a una aleta móvil dentro del medidor; a medida que el aire fluye dentro del medidor se mueve la aleta; al moverse la aleta, el potenciómetro, gira provocando que el voltaje sea enviado de regreso a la computadora.

Un componente adicional en el cuerpo del medidor de flujo de aire es el interruptor del relevador de la bomba de combustible; este interruptor está cerrado cuando el aire fluye hacia el motor y abierto cuando no fluye aire hacia el motor, empezar el procedimiento de prueba al desconectar el conector del arnés de la ECU; al utilizar la tabla de resistencia del sensor de flujo de aire, probar la resistencia a través de las terminales del conector de la ECU.

Si las lecturas son diferentes de las mostradas, llevar a cabo las mismas pruebas en el sensor de flujo de aire; si las pruebas dan resultados correctos en el sensor, reparar el arnés; si ningún resultado es preciso, entonces remplazar el medidor de flujo de aire.

Tabla XIX. Resistencia del sensor de flujo de aire del sistema L-Jetronic

Aplicación	Prueba en terminales	Resistencia (ohmios)
Alfa Romeo todos los modelos	34 y 48	30-35
BMW 318i	7 y 8	95-335

Continuación de la tabla XIX.

528i	9 y 11	90-185
530i	6 y 9	100-600
Nissan 280ZX Turbo	33 y 26	200-500
810, máxima	34 y 35	200-500
280ZX	32 y 34	300-450
Porsche 914	6 y 9	200-400
928	7 y 8	120-200
Volkswagen	6 y 7	80-600
Renault Fuego	6 y 9	50-150
Subaru	Verde y amarillo/azul	50-150
Toyota, todos los modelos	E2 y E1	200-500

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

6.6.2. Prueba del sensor de temperatura I

El elemento sensor de la temperatura del aire del medidor de flujo de aire es un termistor de coeficiente negativo de temperatura; la resistencia está diseñada de tal manera que a medida que se incrementa la temperatura del aire alrededor de ella, su resistencia disminuye.

El sensor de la temperatura I es el sensor que mide la temperatura del aire de admisión, el cual se encuentra en el cuerpo del sensor de flujo de aire a 20 grados Celsius; este sensor deberá indicar una resistencia de 2 100 a 2 900 ohmios; a medida que se incrementa la temperatura del aire del ambiente la

resistencia de este sensor disminuye y puede indicar valores por debajo de 2 100 ohmios; a temperaturas menores de 20 grados Celsius la resistencia puede ser mayor de 2 900 ohmios; probar esta resistencia de acuerdo con la tabla de conexión de prueba del sensor de temperatura I; si la resistencia es incorrecta, será necesario reemplazar todo el medidor de flujo de aire, ya que al sensor de temperatura I no se le da servicio como una unidad separada.

Tabla XX. **Conexiones de prueba del sensor de temperatura I**

Aplicación	Prueba entre terminales	Terminal a tierra
Alfa Romeo	13 y 49	13
BMW 318i, 633CSi	6 y 22	25
528i, 530i, 533i	6 y 27	25
Datsun/Nissan		
Máxima, 200SX y 280ZX	25 y 34	25
280ZX turbo	30 y 33	30

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

6.6.3. Prueba del sensor de temperatura II

El sensor de temperatura del refrigerante se encuentra en la camisa de agua de la cabeza de cilindros; generalmente cerca del compartimiento del termostato; en motores enfriados por aire, se encuentra en la cabeza de cilindros de lado izquierdo.

Cuando es un motor enfriado por agua hay dos alambre en este sensor; en los motores enfriados por aire solo usan un alambre, que se aterriza a la cabeza de cilindros. Para motores enfriados por agua tomar la primera medición de resistencia en el conector del arnés de la ECU, si esto prueba que está incorrecto, tomar otra lectura directamente en el sensor; si la primera lectura fue incorrecta, pero la segunda está bien, entonces el sensor está en buenas condiciones y el arnés necesita ser reparado; si la segunda lectura también fue incorrecta entonces reemplazar el sensor.

Para motores enfriados por aire tomar la primera lectura de la terminal del sensor de temperatura en el conector de la ECU a la tierra del chasis, si esta lectura es incorrecta, tomar una segunda lectura en el conector del sensor y el *monoblock* del motor, si la segunda lectura es correcta, reparar el alambre que regresa a la ECU; si la segunda lectura también es incorrecta, conectar el ohmiómetro del alambre del sensor al cuerpo del mismo; si la tercera lectura es correcta, limpiar la corrosión entre el sensor y la cabeza de cilindros; si no hay lectura o no está dentro de lo especificado, reemplazar el sensor.

Tabla XXI. **Resistencia y temperatura del sensor de temperatura II**

Temperatura (grados Fahrenheit)	Resistencia (ohmios)
14	7000-12000
68	2000-3000
122	700-1000
176	200-400
Temperatura de operación	Menos de 200

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5

6.6.4. Prueba de la señal del tacómetro

Sin la señal del tacómetro a la unidad electrónica de control, el motor no arrancará; esta señal es utilizada por la ECU para sincronizar los inyectores de combustible con la rotación del cigüeñal; si el motor funciona la señal es recibida por la ECU y no es necesario evaluar la entrada del tacómetro a la ECU.

Para realizar una prueba conectar un tacómetro digital a la entrada del mismo y arrancar el motor, si el tacómetro lee cualquier valor diferente de cero la señal está siendo recibida por la ECU; si el tacómetro indica cero, conectarlo a la terminal negativa de la bobina; si el tacómetro lee algún valor diferente de cero; reparar el alambre de la bobina a la ECU; si la lectura es cero reparar el sistema de encendido primario.

Tabla XXII. **Especificaciones de las terminales del tacómetro en el arnés de la ECU**

Aplicación	Número de la terminal de la ECU
Todas las marcas y modelos 1974-78	1
Alfa Romeo Spider 1982-91	1
AMC Alliance y Encore 1983-84	1
BMW 1979-81 528i, 633CSi	1
1979-81 733i	1
1982-85 todos los modelos	1
Datsun/Nisan	18
1979-81	18

Continuación de la tabla XXII.

1981-83 Turbo	5
Fiat	1
Porsche	1
Renault 1981-91	1
Subaru	20
Toyota 1979-89	7
Volkswagen1974-78	1
1980-88	1

Fuente: elaboración propia, utilizando documentación del programa Mitchell ondemand5.

6.6.5. Ajuste del interruptor del acelerador

Puesto que los procedimientos de localización de fallas y ajustes son los mismos, debe seguirse este método para probar el interruptor del acelerador.

Existen tres terminales en el interruptor del acelerador del sistema de inyección L-Jetronic: una es el común, la segunda es para acelerador cerrado completamente y la tercera para acelerador abierto completamente; desconectar el arnés del interruptor del acelerador y conectar un ohmiómetro entre la terminal común y el contacto de acelerador completamente abierto; abrir poco a poco el acelerador y justo antes de que se abra completamente; el ohmiómetro debe indicar cero ohmios o continuidad entre espigas; ahora se cierra lentamente el acelerador y justo antes de la posición de acelerador completamente cerrado, el ohmiómetro debe indicar infinito o circuito abierto.

Dejar la terminal del ohmiometro conectada en la posición de completamente abierto y conectar la otra terminal en la posición de acelerador cerrado.

Con el acelerador cerrado la resistencia deberá ser de cero ohmios; abrir rápidamente el acelerador unos pocos grados y el ohmiómetro deberá de indicar una lectura infinita; si no se cumple con estas especificaciones ajustar el interruptor del acelerador; si estas condiciones no se logran mediante el ajuste, reemplazar el interruptor del acelerador.

6.6.6. Prueba del sensor de oxígeno

Para probar el sensor de oxígeno asegurarse de que el motor esté caliente y trabajar durante dos minutos antes de empezar la prueba; luego conectar un voltímetro de alta impedancia a la entrada del sensor de oxígeno en la ECU; la aguja del voltímetro deberá estar moviéndose de manera continua de un lado a otro entre cero y un voltio. Si el voltaje es estacionario, verificar de nuevo que el motor esté trabajando a temperatura normal de operación, en 0.5 voltios; reemplazar el sensor si el voltaje del sensor de oxígeno es alto; verificar la presión del combustible, los sensores de temperatura I y II, el interruptor del acelerador, cualquier fuga en los inyectores, fuga en el inyector de arranque en frío y el sistema de recolección de vapores de combustible (*canister*).

Si todos estos circuitos y sistemas están en buen estado, reemplazar el sensor de oxígeno. Si esto sucede, es importante saber por qué estaba funcionando mal; si el sensor está cubierto con un revestimiento oscuro de hollín debe reemplazarse, ya que está contaminado con carbón; lo más probable es que el motor está funcionando con mezcla rica en combustible.

Montar el sensor en un tornillo de banco, conectar un voltímetro de alta impedancia a la salida del sensor y la tierra de voltímetro al tornillo de banco; calentar el sensor con llama de propano; la lectura del voltímetro deberá aumentar sobre 0,6 voltios en 15 segundos; si no lo hace es que está contaminado con silicona; retirar la llama de propano del sensor; el voltaje deberá disminuir a menos de 0,4 voltios en seis segundos; si no lo hace, el sensor está contaminado. Cualquiera que sea la fuente de contaminación, si no se elimina, se desarrollará el mismo problema en el nuevo sensor de oxígeno.

6.6.7. Prueba de la válvula de aire auxiliar

Para iniciar arranque el motor en frío, si la velocidad del motor se reduce después de un periodo de dos a tres minutos, entonces la válvula auxiliar está bien; si no hay cambios en la velocidad del motor, detener el motor y retirar la válvula; revisarlo para verificar que sus conductos estén cerrados; si ha funcionado el motor por varios minutos, el conducto debe estar cerrado; si el conducto está abierto, asegurarse que haya corriente y una buena tierra en el arnés que llega a la válvula de aire auxiliar; si lo hay, reemplazar la válvula, si no es así, reparar el arnés.

Otro problema con la válvula de aire auxiliar es que no abra cuando el motor se encuentra frío; si después de arrancar el motor por varios minutos la velocidad del motor no se reduce, retirar la válvula de aire auxiliar y verificar que el conducto esté cerrado; si el conducto se encuentra cerrado se debe permitir que la válvula se enfríe y deberá abrir el conducto de aire auxiliar; de no ser así, esto indica que la válvula de aire auxiliar no funciona (no abre durante el arranque en frío); reemplazar la válvula de aire auxiliar.

7. SISTEMA DE INYECCIÓN LH-JETRONIC

Existe mucha similitud entre el sistema LH-Jetronic y el sistema L-Jetronic; de hecho la única diferencia significativa es el reemplazo del medidor de flujo de aire del sistema L-Jetronic con el medidor de masa de aire del sistema LH-Jetronic. El medidor de masa de aire proporciona dos ventajas importantes sobre el medidor de flujo de aire: no existe una aleta móvil para restringir el flujo del aire, tampoco hay partes móviles que se desgasten o se traben.

7.1. Sensores

Estos son utilizados por la computadora que controla el motor; para conocer el funcionamiento del mismo y determinar si realiza los ajustes necesarios para lograr un óptimo rendimiento.

7.1.1. Medidor de masa de aire

El medidor de masa de aire se encuentra entre el filtro de aire y el ensamble del acelerador. Todo el aire entra al sistema para ser utilizado como parte de la mezcla de aire-combustible que pasa a través de ella; el sensor consiste en un alambre de platino de 0,07 milímetros de diámetro, enlazado a través del canal principal del flujo de aire.

Un termistor en el medidor de masa de aire mide la temperatura del aire que entra; una computadora en el lado del sensor hace pasar suficiente

corriente a través del alambre de platino para provocar que este se caliente 180 grados Fahrenheit, por arriba de la temperatura del aire que entra.

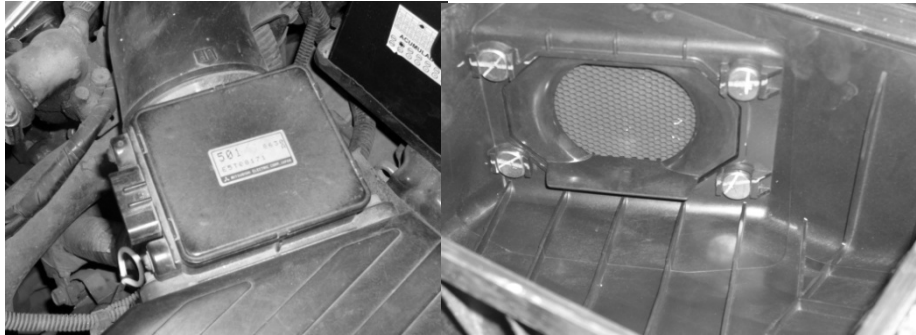
Cuando el motor arranca y el aire empieza a pasar a través del sistema de admisión, el alambre se enfría; la computadora registra la reducción del valor de resistencia del alambre de platino que es provocado por el enfriamiento del alambre, la computadora incrementará el flujo de corriente para mantener la temperatura de 180 grados Fahrenheit (°F) por encima del que entra, mientras que en el sensor varía el flujo de corriente a través del aire calentado, el voltaje de salida del sensor también variará; este rango de voltaje de salida varía de 0 hasta 5 voltios, a medida que se incrementa la masa de aire que fluye a través del sensor, el voltaje de salida también aumenta.

Debido a que el alambre de platino del medidor de masa de aire se asienta a través del canal principal de flujo de aire, este puede llegar a ser revestido por el aceite del camino y los vapores del carter, para prevenir que se forme un forro aislante en el alambre está provisto de un ciclo de quemado.

Aproximadamente cuatro segundos después de que el motor se apaga, la ECU aterriza un relevador que aplica corriente al alambre de platino calentándolo al rojo vivo, el quemado dura cerca de un segundo y limpia cualquier cosa que se haya pegado al alambre mientras funcionaba el motor.

Los síntomas asociados con un medidor de masa de aire defectuoso incluyen atoramiento y funcionamiento errático.

Figura 45. **Medidor de masa de aire**



Fuente: Mitsubishi Galant ES modelo 2003.

7.1.2. Señal del tacómetro

La ECU recibe una señal del sistema de encendido primario; esta es utilizada por la ECU para sincronizar los inyectores con la velocidad del motor, un problema con la señal del tacómetro puede afectar los inyectores o evitar que trabajen; los síntomas típicos incluyen un funcionamiento errático, atoramiento y falta de arranque.

7.1.3. Sensor de temperatura del refrigerante

El sensor de temperatura del refrigerante, localizado en la camisa de agua de la cabeza de cilindros es un termistor con coeficiente negativo de temperatura; a medida que la temperatura del refrigerante del motor aumenta, la resistencia del sensor disminuye; la ECU, como respuesta a esta reducción de resistencia, que indica que la temperatura del motor ha aumentado, reduce el tiempo de apertura de los inyectores de combustible, empobreciendo por tanto la relación aire-combustible.

A 32 grados Fahrenheit, la resistencia del sensor de temperatura del refrigerante está entre 7 000 y 11 600 ohmios; cuando el motor alcanza la temperatura de operación la resistencia del sensor es inferior a los 300 ohmios.

El sistema LH pone especial énfasis en el sensor de temperatura del refrigerante cuando se arranca en frío el motor; esto sustituye el enriquecimiento de la mezcla aire combustible por el inyector de arranque en frío de los sistemas anteriores.

Un sensor de temperatura de refrigerante defectuoso puede dar como resultado una economía pobre de combustible, falla en las bujías, operación brusca del motor y dificultad de arranque del mismo, ya sea en frío o en caliente.

Figura 46. **Sensor de temperatura del refrigerante**



Fuente: Toyota Xion modelo 2005.

7.1.4. Interruptor de vacío

El sistema de inyección LH-Jetronic, en sus primeros diseños utiliza un interruptor de vacío montado en el compartimiento contra fuego. Cuando el motor empieza a funcionar bajo una carga pesada el interruptor avisa a la ECU, la cual responde incrementando el ancho de pulso de los inyectores.

Si el sensor de vacío falla en su operación, el motor funcionará con mezcla pobre cuando esté bajo carga; esto puede dar como resultado un efecto de aceleración, vacilación o petardeo en el múltiple de admisión. En los modelos nuevos de sistema LH, a partir de 1984 en adelante, utiliza un interruptor del acelerador en lugar de un interruptor de vacío.

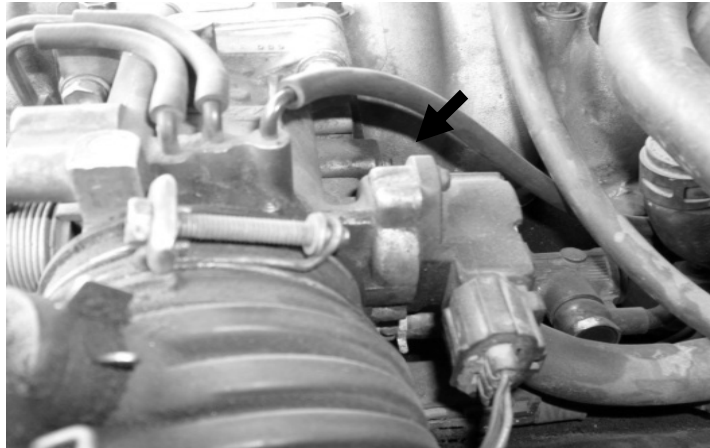
7.1.5. Sensor de posición del acelerador (TPS)

El sensor de la posición del acelerador o TPS por sus siglas en inglés (*throttle position sensor*), se encarga de indicar a la ECU cuál es la posición exacta de la aleta del acelerador.

Con lo cual la ECU conoce la carga del motor en todo momento; esto permite a la ECU sincronizar el tiempo de apertura de los inyectores con base en la aceleración del motor.

Si el sensor TPS falla, el motor funcionará con mezcla incorrecta bajo carga; esto da como resultado una mala aceleración y vacilación del motor.

Figura 47. **Sensor de posición del acelerador (TPS)**



Fuente: Toyota Yaris, modelo 2006.

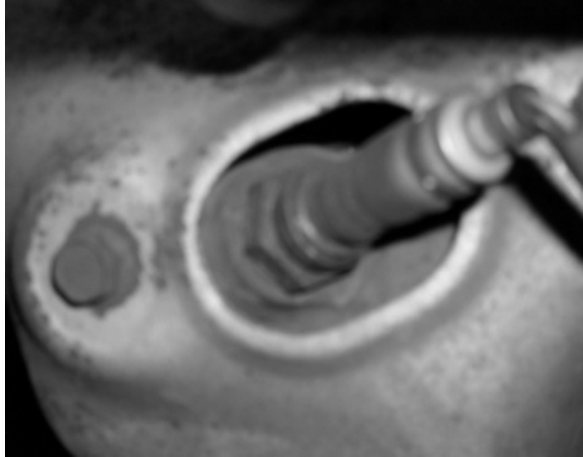
7.1.6. Sensor de oxígeno

El sensor de oxígeno es el encargado de indicar a la ECU si existen desbalances en la relación aire-combustible, de modo que la ECU pueda realizar los ajustes.

El sensor consiste de electrodos de platino separados por una capa de cerámica de dióxido de circonio, la cerámica empieza a conducir los iones de oxígeno cuando su temperatura alcanza aproximadamente 600 grados Fahrenheit.

A medida que el contenido de oxígeno en el escape disminuye, la salida de voltaje del sensor se incrementa; este voltaje el cual oscila entre 100 a 900 milivoltios.

Figura 48. **Sensor de oxígeno**



Fuente: Mazda 6, modelo 2008.

7.1.7. ECU (Unidad electrónica de control)

La ECU reúne datos de los sensores para decidir cuánto tiempo deberán estar activados los inyectores de combustible, la energía para que la ECU funcione es entregada por un relevador activado por el interruptor de encendido.

Las fallas de la ECU son muy poco frecuentes y por lo general no permiten que el motor arranque; la mayoría de las fallas de la ECU son consecuencia de picos de voltaje; estos picos son incrementos repentinos de voltaje que resultan en el colapso de campos magnéticos, los cuales dañan los componentes de la ECU; esto puede suceder al tratar de arrancar un automóvil al empujarlo o cuando se desconecta la batería y las luces del automóvil están encendidas.

7.2. Componentes del sistema de combustible

Se encargan de mantener los inyectores a la presión de combustible necesaria; y libres de elementos que provoquen su mal funcionamiento.

7.2.1. Filtro del tanque de combustible

Este filtro se encuentra instalado dentro del tanque de combustible, es el encargado de proteger la bomba de combustible contra la corrosión y la suciedad del combustible; el filtro está instalado en la entrada de la bomba de combustible y es capaz de retener partículas tan pequeñas hasta de 10 milésimas de pulgada de diámetro; si estas partículas atraviesan el filtro llegan a la bomba y actúan en las partes de la bomba, desgastando sus partes móviles, reduciendo su vida útil de trabajo.

7.2.2. Bomba de combustible

La bomba de combustible es la encargada de enviar el volumen de combustible, a todo el sistema de inyección, genera grandes volúmenes de combustible, lo que permite tener lo necesario en todo régimen de trabajo del motor. Se instala dentro del tanque de combustible para facilitar la succión del mismo.

Una bomba de combustible defectuosa puede generar bajo caudal de combustible, lo que resultaría en síntomas como vacilación y pérdida de potencia, pero por lo general solo dejan de funcionar evitando que el motor arranque.

7.2.3. Filtro de combustible

El filtro de combustible utilizado en el sistema LH-Jetronic debe ser remplazado en cada afinación; hay que recordar que los fabricantes por lo general recomiendan un cambio de filtro de combustible a cada determinado millaje, pero estos no consideran que la mayoría de los vehículos son conducidos bajo condiciones extremas. Al filtro de combustible se le debe dar la importancia que se merece, ya que es el único que protege a los inyectores contra la corrosión y el taponamiento.

Figura 49. **Filtro de combustible**



Fuente: Honda Civic EX, modelo 2000.

7.2.4. Regulador de presión de combustible

El regulador de presión de combustible del sistema LH-Jetronic, consiste en una válvula conectada a un diafragma con resorte comprimido; el regulador controla la presión entre 30 y 40 psi; en la mayor parte de las aplicaciones de marcha mínima en vacío.

Una línea de vacío conecta el regulador al múltiple de admisión, permitiendo que la presión del múltiple se aplique al lado posterior del diafragma; el efecto resultante es que cuando el acelerador esté abierto y la presión del múltiple de admisión se incrementa, la presión de combustible también se incrementará entre 5 y 10 psi; esto permite que la presión diferencial se mantenga a través de la punta del inyector, y actúa como una bomba del acelerador en un sistema carburado, permitiendo una aceleración suave.

La presión incorrecta del combustible puede provocar que el motor funcione con mezcla pobre o rica; si la presión del combustible es demasiado baja, el motor funcionará con mezcla pobre, y si es demasiado alta, con mezcla demasiado rica. Un defecto en el regulador de presión del combustible puede resultar en un alto consumo de combustible, marcha mínima en vacío, brusca o errática y potencia pobre.

Figura 50. Regulador de presión de combustible

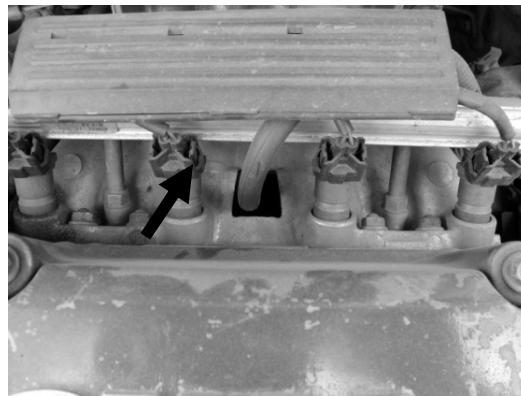


Fuente: Honda Civic EX, modelo 2000.

7.2.5. Inyectores de combustible

Los inyectores son válvulas normalmente cerradas, accionadas por solenoides y energizadas por un voltaje de ignición conmutado que pasa por un fusible, la ECU proporciona la tierra pulsada gracias a la cual se abren los inyectores. Además de una obstrucción, fuga de combustible o falla del circuito electrónico no hay más que pueda estar mal en un inyector; los síntomas asociados con inyectores dañados incluyen marcha mínima en vacío brusca y potencia pobre, y vacilación del motor cuando uno o varios inyectores no abren.

Figura 51. **Inyectores**



Fuente: Honda Civic EX, modelo 2000.

7.2.6. Riel de combustible

Los inyectores y el regulador de presión de combustible se fijan a un tubo de acero conocido como riel de combustible; este alimenta a los inyectores y al regulador de presión de combustible. Las fallas que puede presentar el riel de combustible son fugas u obstrucciones.

Figura 52. **Riel de combustible**



Fuente: html.rincondelvago.com. Consulta: agosto de 2014.

7.3. Componentes del sistema de aire

Es importante que no existan fugas de aire en el tubo que se conecta al ensamble del acelerador del múltiple de admisión, ya que puede generar una entrada de aire falso.

7.3.1. Sensor medidor de masa de aire

El medidor de masa de aire no solo es uno de los sensores del sistema, sino que también es parte de los componentes del sistema de admisión de aire. Todo el aire que pasa a través del sensor medidor de masa de aire se utiliza para la mezcla aire-combustible;

El aire falso es aquel que llega al motor pero que no pasa por el medidor de masa de aire, provocando que el motor funcione con mezcla aire combustible pobre.

7.3.2. Válvula de aire auxiliar

Esta válvula es utilizada para permitir que el aire se desvíe a las placas del acelerador mientras el motor se está calentando, para permitir que la velocidad de marcha mínima en vacío sea superior a la misma cuando el motor está caliente.

Esta válvula incluye en su interior un elemento compuesto de dos metales diferentes que se calientan eléctricamente; cuando el motor está frío la válvula está abierta y cuando se arranca el motor la válvula recibirá voltaje, el cual calentará el elemento compuesto de dos metales, permitiendo que la válvula cierre gradualmente el paso de aire auxiliar, reduciendo el paso de aire al motor y a su vez la velocidad de marcha mínima del motor.

7.3.3. Estabilizador de marcha mínima en vacío

En vez de utilizar una válvula de aire auxiliar los sistemas más modernos del LH-Jetronic la sustituyeron por un estabilizador de marcha mínima en vacío, conocida como válvula IAC controlada por la computadora.

Este dispositivo permite un mejor control de marcha mínima, al tiempo que el sistema de aire acondicionado y la bomba de la dirección hidráulica hacen variar la carga del motor; la computadora envía una señal variable al estabilizador de marcha mínima en vacío; esta señal hace funcionar una válvula dentro del múltiple de admisión para controlar la velocidad de marcha mínima en vacío.

7.3.4. Derivación de aire de marcha mínima

A diferencia de un motor con carburador, el sistema LH-Jetronic no utiliza el tornillo del tope del acelerador para ajustar la velocidad de marcha mínima.

En su lugar emplea un canal de derivación similar al de la derivación de aire auxiliar; a diferencia de esta, la derivación de aire de marcha mínima es ajustada por el técnico.

7.4. Ajustes en la afinación del sistema LH-Jetronic

Para realizar los ajustes, arrancar el motor hasta que este llegue a la temperatura normal de trabajo, y esperar a que los ventiladores de la refrigeración del agua del radiador se activen por lo menos dos veces.

7.4.1. Ajuste de la presión del combustible

Es muy importante evaluar la presión del combustible antes de hacer cualquier ajuste; si la presión de combustible es incorrecta, los ajustes a la relación aire-combustible o al interruptor del acelerador serán incorrectos o no tendrán sentido.

La presión de combustible siempre se debe evaluar y corregir antes de que se haga cualquier ajuste relacionado con la inyección de combustible.

7.4.2. Ajuste del tope del acelerador (velocidad mínima de marcha en vacío)

Los ajustes a la velocidad mínima de marcha en vacío en el sistema LH-Jetronic con válvula de aire auxiliar se realizan de la misma forma que en el sistema L-Jetronic.

7.4.3. Velocidad mínima de marcha en vacío (aplicaciones con estabilizador de marcha mínima en vacío o válvula IAC)

Esta se aplica solo a automóviles que utilizan un estabilizador de marcha mínima en vacío; esta no puede ajustarse ya que la ECU realiza la corrección necesaria dependiendo de la carga del motor, de la activación o no del compresor de aire acondicionado y la carga extra que genera la bomba de aceite hidráulico de control de la dirección del vehículo.

Estas cargas al motor hacen que la ECU calcule la velocidad de marcha mínima en vacío necesaria del motor, enviando una señal al estabilizador de marcha mínima en vacío, el cual es un pequeño motor que gira hacia un lado para permitir que ingrese aire extra al motor y gire hacia el otro lado para cerrar el paso del aire, ajustando la velocidad de marcha mínima en vacío.

7.4.4. Ajuste del sensor de la posición del acelerador (TPS)

El sensor de la posición del acelerador es un sensor que queda instalado de una sola forma; no es posible ajustarlo.

7.5. Localización de fallas del sistema LH-Jetronic

Una buena localización de fallas empieza con la revisión del estado del motor y el sistema de encendido puede realizar inspecciones visuales para rectificar que no existan cables de sensores rotos o tornillos flojos que sujetan los sensores, mangueras de vacío rotas o desconectadas, tensión de la batería y fajas rotas.

7.5.1. Prueba de compresiones

Toda localización de falla debe de empezar con el conocimiento de que el motor está en buenas condiciones. Asegurarse que al realizar esta prueba se sigan las instrucciones del manual del fabricante del vehículo para realizar la prueba de forma correcta.

7.5.2. Ajuste de las válvulas

Retirar la cubierta de las válvulas y seguir el procedimiento de ajuste descrito en el manual de servicio del fabricante del automóvil, para ajustar la holgura de las válvulas.

7.5.3. Fugas de vacío

La ECU utiliza el sensor medidor de masa de aire como sensor principal generador de información para determinar la cantidad de combustible que el motor requiere; la medición precisa de la masa de aire que entra en el múltiple es fundamental.

Todo aire que entra al sistema entre el medidor de masa y la válvula de admisión será falso; el aire falso puede provocar que el sistema de combustible funcione con mezcla pobre, la posibilidad de una fuga de vacío o aire falso que provoque un problema de funcionamiento es aún más alta que en un automóvil con carburador.

7.5.4. Sistema de encendido

Después de confirmar que el motor está en buenas condiciones, comprobar el estado de los componentes del sistema de encendido; revisar el distribuidor para verificar si hay algún componente quemado, y la tapa del distribuidor y el rotor en busca de rajaduras y quemaduras; siempre que se reemplace la tapa del distribuidor también debe cambiarse el rotor y ambos deben de ser de la misma marca.

Verificar la resistencia de los cables de las bujías con un ohmiómetro; los cables de alambre deben de tener una resistencia entre 2000 y 10000 ohmios por pie de largo (estos valores son aproximados, para obtener un valor exacto recurrir al manual del fabricante del vehículo); también inspeccionar si hay quebraduras o rajaduras en el aislante de los cables, ya que pueden permitir que la chispa de encendido haga arco a tierra, reduciendo la potencia del motor.

7.5.5. Presión de combustible

Conectar el medidor de presión del combustible a la manguera que sale del filtro de gasolina; algunos vehículos incluyen en las líneas de combustible un conector especial para una instalación rápida del medidor de presión de combustible, pero se deben utilizar adaptadores especiales para cada marca de

vehículo; encender el motor y permitir que se establezca en la velocidad de marcha mínima; la presión del combustible deberá estar entre los rangos de presión indicados en el manual del fabricante; si la presión es muy alta, el motor trabajará con mezcla rica en todo rango de revoluciones y si la presión es baja trabajará con mezcla pobre, provocando falla o paro repentino del motor.

El regulador de presión del sistema LH-Jetronic no es ajustable. Una manguera de vacío entre el regulador de presión de combustible y el múltiple de admisión permite que se incremente la presión a medida que se abre el acelerador y reduce la presión de combustible al cerrarse la mariposa del acelerador.

7.5.6. Prueba de flujo de inyectores

Para marcha mínima errática, funcionamiento brusco y baja potencia, es importante confirmar la relación del flujo adecuado a través de los inyectores; quitar los inyectores del sistema de admisión dejándolos unidos al riel de combustible, colocar cada inyector en un probeta graduada, quitar las bujías y desconectar la terminal de la bobina; intentar poner en marcha el motor durante 60 segundos y observar la cantidad de combustible que fluye por cada uno de los inyectores; si la diferencia entre la cantidad de combustible inyectado difiere en más del 10 %, limpiar o reemplazar los inyectores.

7.6. Prueba de componentes del sistema LH-Jetronic

Es importante que cada componente se encuentre en buen estado, ya que influyen en el rendimiento del motor y consumo de combustible.

7.6.1. Prueba del medidor de masa de aire

El medidor de masa de aire tiene 5 alambres en su conector; uno de los alambres suministra 5 voltios al medidor, un segundo alambre es una conexión a tierra, y un tercero lleva la señal de voltaje variable, indicando la masa de aire entrante al múltiple de admisión; los dos alambres restantes proporcionan voltaje y tierra para el quemador.

La primera prueba para este sensor es de funcionamiento; arrancar el motor y permitir que funcione en marcha mínima en vacío; localizar el alambre de la señal del sensor; este deberá indicar voltaje variable entre 0.25 y 4.75 voltios a velocidad de marcha mínima.

A medida que aumenta la velocidad del motor, el voltaje deberá incrementarse; si la señal de voltaje no presenta esta característica, entonces verificar que existan 5 voltios entre el medidor y la tierra, si la fuente de alimentación y la tierra del sensor son adecuadas. Llevar a cabo la prueba de resistencia del medidor; los resultados deben de ser los siguientes: para el sistema LH con voltaje en la terminal 6 y 12, la resistencia debe de ser de 0 a 1000 ohmios; si la resistencia es mucho mayor que la indicada, reemplazar el medidor de masa de aire.

7.6.2. Prueba del sensor de la temperatura del refrigerante

Tomar la medición de la resistencia en el conector de la ECU; si la resistencia es incorrecta, tomar otra lectura en las terminales del sensor con el arnés desconectado; si la primera lectura fue incorrecta pero la segunda está bien, reparar el arnés; si las dos pruebas son incorrectas, reemplazar el sensor.

7.6.3. Prueba de la señal del tacómetro

Cuando la señal del tacómetro no llega a la ECU el motor simplemente no arranca, esta señal es utilizada por la ECU para sincronizar los inyectores de combustible con la rotación del cigüeñal; si el motor funciona, la ECU sí está recibiendo la señal de tacómetro y no es necesario evaluar dicha señal. Para realizar una prueba conectar un tacómetro digital a la entrada de la terminal del tacómetro de la ECU y de arrancar el motor; si el tacómetro lee cualquier valor diferente de cero, la señal está siendo recibida por la ECU; si el tacómetro indica cero, conectar el tacómetro a la terminal negativa de la bobina de encendido; si el tacómetro indica algún valor, es el arnés el que está dañado y debe de ser reparado; si la lectura del tacómetro es cero, reparar el sistema de encendido antes de continuar con las pruebas.

7.6.4. Prueba del sensor de la posición del acelerador (TPS)

El sensor de la posición del acelerador es del tipo potenciómetro, el cual cuenta con un parte móvil que se desplaza sobre una resistencia, y al hacerlo varía la resistencia en el sensor; esto provoca cambios de voltaje de salida del sensor; este voltaje lo utiliza la ECU para saber la posición exacta del acelerador.

Para realizar las pruebas al sensor de la posición del acelerador, debe utilizarse un voltímetro y un osciloscopio; el sensor TPS cuenta con tres cables, uno es el que lleva la tierra al sensor; otro, un voltaje desde la ECU al sensor generalmente de 5 voltios y un tercero que lleva el voltaje de señal del sensor a la ECU; verificar en el manual qué color de cable es el de tierra, el de voltaje que viene desde la ECU y el de señal.

Retirar el conector que une el arnés y el sensor y colocar la llave de encendido sin que el motor arranque, con el voltímetro; verificar que exista voltaje de cinco voltios en el arnés y tierra, respectivamente; de no existir, verificar en las salidas en el arnés de la ECU; si existe tierra y voltaje, reparar el arnés; de no ser así, reemplazar la ECU por una unidad nueva.

Si existe la tierra y 5 voltios en el arnés, colocar la llave de encendido en la posición de apagado y conectar el arnés al sensor, conectar la punta negativa de medición del osciloscopio a tierra y la punta positiva de medición del osciloscopio conectarla al cable de voltaje de salida del sensor; colocar la llave en la posición de encendido sin que el motor arranque; en la pantalla del osciloscopio podrá verse que cuando el acelerador está en la posición de cerrado, el voltaje de salida del sensor es mínimo aproximadamente 0.5 voltios.

Al abrir el acelerador lentamente hasta el punto de totalmente abierto, podrá observarse en el osciloscopio un gráfica en forma curvada que va desde un voltaje mínimo hasta el máximo (aproximadamente 4.7 voltios); esto indica que el sensor TPS funciona correctamente, siempre y cuando los valores obtenidos en la prueba coincidan con los expuestos en el manual del fabricante.

Observar la gráfica en el osciloscopio; debe ir desde el mínimo hasta el máximo voltaje sin caer a cero; si se observa que a lo largo de la gráfica el voltaje cae a cero en algún punto, el sensor tiene daño en su interior y debe ser sustituido por una unidad nueva.

7.6.5. Prueba del sensor de oxígeno

Para probar el sensor de oxígeno, asegurarse de que el motor esté caliente y trabaje durante dos minutos antes de empezar; luego conectar un

voltímetro a la entrada del sensor de oxígeno en la ECU; la aguja del voltímetro deberá estar moviéndose de manera continua de un lado a otro entre cero y un voltio (si el voltímetro es análogo o de aguja).

Si el voltímetro es digital debe indicar valores entre 0,1 y 0,9 voltios. Si el voltaje es estacionario (verificar de nuevo que el motor esté trabajando a temperatura normal de operación) en 0,5 voltios, reemplazar el sensor.

Si el voltaje del sensor de oxígeno es alto, verificar la presión del combustible, los sensores de temperatura I y II, el interruptor del acelerador, cualquier fuga en los inyectores y el sistema de recolección de vapores de combustible (canister). Si todos estos circuitos y sistemas están en buen estado, reemplazar el sensor de oxígeno.

CONCLUSIONES

1. El conocimiento del funcionamiento del motor y la forma en que se logra la combustión en los motores de ciclo OTTO, son importantes para el análisis de los sistemas de inyección de combustible tanto mecánica como electrónica.
2. Los sensores de los sistemas de inyección son instalados en partes del motor, en la cual pueden registrar el comportamiento del motor de una mejor manera; estos sensores utilizados en los sistemas de inyección Bosch proporcionan a la unidad electrónica de control (ECU), la información necesaria de todo aquello que puede hacer variar la relación aire-combustible de la mezcla, como también el rendimiento del motor.
3. En un motor, los sistemas de inyección, tanto mecánicos como electrónicos se reconocen gracias a su inconfundible sensor encargado de medir la cantidad de aire que llega a los cilindros del motor.
4. Para evaluar un componente, sensor o actuador de un determinado sistema de inyección de combustible Bosch, es necesario contar con el manual del fabricante y el equipo adecuado para realizar las pruebas; además de conocer a qué sistema de inyección pertenece y cómo funciona el mismo; esto ayudará a realizar las pruebas de manera correcta.

5. Gracias a las exigencias del control de emisiones de gases contaminantes de muchos países, los sistemas de inyección han ido cambiando; para lograr cumplir con estas demandas, se han enfocado a la vez en la economía del combustible y el mejor rendimiento de los motores.

6. El diagnóstico a los sistemas de inyección se debe realizar periódicamente, mínimo una vez por año, para verificar el funcionamiento correcto de sistema de inyección; en caso de existir alguna falla, corregirla de inmediato y lograr que el motor mantenga un rendimiento óptimo.

7. Debido a que la electrónica ya es parte esencial de los automóviles, es necesaria la capacitación continua, debido a que los sistemas de inyección siempre están tecnológicamente avanzando e incluyendo nuevos componentes y accesorios que merecen la atención necesaria para su prueba y diagnóstico de funcionamiento.

RECOMENDACIONES

Al director de Escuela de Ingeniería Mecánica:

1. Agregar un nuevo curso al p \acute{e} nsum de estudio de ingenier \acute{a} mec \acute{a} nica; este podr \acute{a} llamarse Electr \acute{o} nica Automotriz; deber \acute{a} de incluir en su contenido el uso de equipo de diagn \acute{o} stico como: el mult \acute{m} etro, osciloscopio y equipo de diagn \acute{o} stico a bordo (esc \acute{a} ner), y tener como tema principal la evaluaci \acute{o} n del funcionamiento de los sensores y actuadores de los sistemas de inyecci \acute{o} n de combustible.

Al coordinador de laboratorios de Ingenier \acute{a} Mec \acute{a} nica:

2. Evaluar junto al instructor del laboratorio de mec \acute{a} nica la eficiencia de los equipos con los que cuenta actualmente el laboratorio de mec \acute{a} nica, para considerar su renovaci \acute{o} n o adquirir m \acute{a} s equipo que ayude a diagnosticar de mejor manera las causas de las fallas de los sistemas electr \acute{o} nicos de inyecci \acute{o} n de combustible en los motores automotrices.

Al catedr \acute{a} tico:

3. Concientizar y crear el inter \acute{e} s en los alumnos sobre el conocimiento de la electr \acute{o} nica automotriz, dando a conocer los cambios y evoluci \acute{o} n que esta ha logrado en el rendimiento de los motores de combusti \acute{o} n interna, tanto en potencia como en econom \acute{a} a de combustible; adem \acute{a} s de ayudar a reducir los gases contaminantes que da \acute{n} an el planeta.

A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica:

4. Capacitarse en electrónica automotriz, ya que cada día los vehículos vienen equipados con más componentes electrónicos y se debe tener el conocimiento sobre ellos; además, de acuerdo con las áreas de trabajo, se tiene la obligación de capacitarse para responder ante las demandas de la industria y la sociedad.

Al técnico:

5. Para realizar pruebas de funcionamiento a componentes eléctricos y electrónicos en los sistemas de inyección de combustible Bosch, es necesario que el técnico tenga el conocimiento en electricidad y electrónica básica.
6. Es conveniente que el técnico tenga el conocimiento sobre el perfecto manejo de un ohmiómetro, amperímetro y voltímetro, en último caso, el perfecto manejo de un multímetro, para hacer pruebas sin dañar el sensor o el equipo con el que se está realizando la medición.
7. El uso de un osciloscopio de uno o de doble trazo es necesario en el diagnóstico de algunos componentes, por lo tanto el técnico debe tener el conocimiento sobre el correcto manejo del mismo; el uso del osciloscopio facilitará al técnico el diagnóstico de un sistema de inyección electrónico Bosch.
8. Cuando el técnico realice una prueba a determinado componente, sensor o actuador de un sistema de inyección de combustible, es necesario tener a mano el manual del fabricante, ya que será de utilidad

para comparar los resultados obtenidos en la pruebas con los datos proporcionados por el fabricante. Los manuales de reparación deben de ser parte del equipo de apoyo de reparación del técnico; estos pueden ser adquiridos fácilmente en páginas electrónicas que se dedican a vender diferentes artículos, por ejemplo las páginas de Ebay.com y Amazon.com.

Al usuario:

9. Cada vez que un sistema de inyección indique un problema, se activará una luz indicadora en el tablero de instrumentos; el usuario del vehículo debe abocarse a un taller para que verifiquen y diagnostiquen el problema, ya que un problema pequeño puede ser el origen de grandes fallas en el motor.

BIBLIOGRAFÍA

1. AUTO DATA. *Localización y diagnóstico de componentes de sistemas de inyección*. software. 2004. 238 p.
2. Information systems, [en línea] <www.motor.com>. *Mecánica de motores*. Fleetcross, Manual digital. 2004. 112 p.
3. Intecap. *Apuntes realizados en capacitaciones de sistemas electrónicos de inyección de combustible*. 2003. 82 p.
4. *Inyección K-Yetronic*. [en línea].<<http://html.rincondelvago.com/inyección-k-jetronic.html>>. [Consulta: marzo de 2013].
5. *Inyección K-Yetronic*. [en línea] <www.aficionadosalamecanca.net>. [Consulta: marzo de 2013].
6. *Manual de encendido Bosch*. [en línea].<<http://www.catalogobosch.com>> [Consulta: mayo de 2013].
7. OND DEMAND5, *localización y prueba de componentes de sistemas de inyección*, 3a ed. Reed Eléctrica Manuals, software. 2012.
8. Reader's Digest. *El libro del automóvil, drive publications*. 2a ed. Madrid. Reader's Digest. 1971. 449 p.

9. *Sistemas de inyección Bosch*. [en línea]. < www.catalogobosch.com>. [Consulta: mayo de 2013].
10. *STUBBEFIELD, Mykme; HANES, John. Manual Haynes de diagnóstico de inyección de combustible*. 2a ed. España: Editorial Haynes, 2000, 226 p.
11. *WATSON, Bene; Manual de fuel injection*. México: Prentice Hall Hispanoamericana. 1991. 179 p.

ANEXOS

Anexo 1. **ECUsim 5100**



Fuente: www.escantool.net. Consulta: septiembre de 2014.

ECUsim 5100 es un simulador pequeño, de peso liviano que puede servir para experimentar o simular las señales que la ECU envía a los diferentes actuadores de un sistema de inyección; puede servir como parte del equipo de apoyo en un curso de sistemas de inyección electrónica. Soporta todos los protocolos legislados OBD, códigos de diagnósticos (DTCs) de problema, fotogramas, y muchos otros servicios SAE J1979.

El simulador acepta de uno a tres módulos (PIMs). Cada PIM soporta todos los protocolos OBD-II; sin embargo solo un protocolo por PIM puede estar activo a la vez. En la fábrica, los protocolos son basados en la configuración que se especifica cuando se realiza una orden. Sin embargo, se pueden cambiar los mismos en cualquier momento.

