



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS TEÓRICO Y PRÁCTICO DEL MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS**

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

PAMELA ESTEFANÍA PERDOMO SÁNCHEZ

DIRECTOR: ING. ALEJANDRO ROJAS

Quito, abril 2015

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2015

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **PAMELA ESTEFANÍA PERDOMO SÁNCHEZ**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Pamela Estefanía Perdomo Sánchez

C.I. 172121245-2

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Análisis teórico y práctico del motor de combustión interna del vehículo Toyota Prius**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera Automotriz** fue desarrollado por **Pamela Perdomo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Alejandro Rojas

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 171319089-8

DEDICATORIA

Con todo mi amor para mi familia porque hicieron todo para que yo pudiera culminar mis estudios, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y agradecimiento

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mi camino porque gracias a él he logrado culminar con mis metas propuestas durante la carrera.

Gracias a mis padres por ser ese pilar fundamental en mi vida, por brindarme su apoyo y amor incondicional.

A mi hermana por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, por ser mi consejera y amiga.

A mis maestros que en este andar por la vida influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos de la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	vi
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 CICLO ATKINSON	4
2.1.1 HISTORIA DEL CICLO ATKINSON	4
2.1.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL CICLO ATKINSON.....	5
2.1.3 COMPARACIÓN ENTRE CICLO ATKINSON Y CICLO OTTO.....	7
2.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CICLO ATKINSON	7
2.2 SISTEMAS DEL MOTOR	8
2.2.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	8
2.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	18
2.3.1 PARTES.....	19
2.4 SISTEMA DE ENCENDIDO.....	22
2.4.1 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO.....	23
2.5 SISTEMA DE INYECCIÓN	26
2.5.1 PARTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	27
2.6 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	30
2.6.1 SINCRONIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS	31
2.6.2 CRUCE DE VÁLVULAS.....	32

2.6.3	SINCRONIZACIÓN VARIABLE DE VÁLVULAS (VVT)	32
2.6.4	SISTEMA VVT-i (SINCRONIZACIÓN VARIABLE DE VÁLVULAS INTELIGENTE).....	33
2.6.5	PARTES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	35
2.7	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES.....	39
2.7.1	TIPOS DE SISTEMAS PARA EL CONTROL DE EMISIONES	39
2.7.2	PARTES DEL SISTEMA DE ESCAPE.....	44
2.8	SISTEMA ELECTRÓNICO DEL VEHÍCULO	46
2.8.1	UNIDADES DE CONTROL	46
2.9	CONTROL ELECTRONICO DEL MOTOR	49
2.9.1	SENSORES	49
2.10	CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL MOTOR.....	59
2.10.1	DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO	59
3	METODOLOGÍA.....	62
3.1	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	63
3.2	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA ECM.....	63
3.3	DIAGRAMA DE TERMINALES DE LA ECM.....	68
3.4	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	71
3.5	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	75
3.6	SISTEMA DE ENCENDIDO.....	75
3.7	SISTEMA DE INYECCIÓN	82
3.8	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	89
3.9	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES.....	93

3.10	SISTEMA DE ARRANQUE	98
3.11	PRUEBA A BORDO CON SCANNER	101
3.11.1	PRUEBAS A BORDO EN RUTA DE 15° DE INCLINACIÓN ...	104
3.11.2	PRUEBAS A BORDO EN RUTA PLANA	111
3.12	CÓDIGOS DE FALLA QUE PUEDEN PRESENTARSE	114
3.13	SEÑAL DE COMUNICACIÓN CAN	116
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	118
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1	CONCLUSIONES	124
5.2	RECOMENDACIONES	125
	BIBLIOGRAFÍA	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación ciclo otto vs ciclo Atkinson.....	7
Tabla 2. Ubicación de los terminales del ECM	68
Tabla 3. Descripción de cables desde el socket del sensor ECT	72
Tabla 4. Descripción cables desde la bomba de agua	74
Tabla 5. Descripción cables desde la ECM de la bomba de agua.....	74
Tabla 6. Descripción cables desde el socket del sensor MAP	76
Tabla 7. Descripción cables desde el socket del sensor MAF e IAT	77
Tabla 8. Descripción cables desde el socket del sensor CMP	80
Tabla 9. Descripción de cables de la bobina	81
Tabla 10. Descripción de cables del sensor APP	83
Tabla 11. Descripción cables sensor KS	84
Tabla 12. Descripción de cables del inyector	86
Tabla 13. Descripción de los cables del TAC	87
Tabla 14. Terminales del TAC desde la ECM.....	88
Tabla 15. Terminales del TAC desde la ECM.....	89
Tabla 16. Sincronización de válvulas	90
Tabla 17. Descripción cables VVT-i desde el socket.....	90
Tabla 18. Descripción de cables desde la ECM	90
Tabla 19. Descripción cables CKP desde la ECM	92
Tabla 20. Descripción de cables sensor de oxígeno 1	93

Tabla 21. Descripción cables sensor de oxígeno 2 desde la ECM.....	95
Tabla 22. Descripción de cables EGR desde la ECM	96
Tabla 23. Descripción de cables del socket EGR.....	97
Tabla 24. Descripción cables VSV desde la ECM	98
Tabla 25. Conexión de los elementos para transmitir fuerza motriz	101
Tabla 26. Datos de ruta en subida.....	104
Tabla 27. Datos de ruta en bajada	105
Tabla 28. Datos obtenidos en el escáner en subida a 20km/h	105
Tabla 29. Datos obtenidos en el escáner en subida a 40km/h	106
Tabla 30. Datos obtenidos por el escáner en subida a 60km/h.....	107
Tabla 31. Datos obtenidos con el escáner en bajada a 20km/h	108
Tabla 32. Datos obtenidos con el escáner en bajada a 40km/h	109
Tabla 33. Datos obtenidos con el escáner en bajada a 60km/h	110
Tabla 34. Datos de ruta en recta	111
Tabla 35. Datos obtenidos con el escáner en recta a 20km/h	111
Tabla 36. Datos obtenidos con el escáner en recta a 40km/h	112
Tabla 37. Datos obtenidos con el escáner en recta a 60km/h	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de trabajo Atkinson	6
Figura 2. Sistema de Refrigeración.....	9
Figura 3. Partes bomba de agua.....	10
Figura 4. Elementos del termostato	11
Figura 5. Ventilador por accionamiento directo	12
Figura 6. Electroventilador	13
Figura 7. Ventilador de accionamiento electromagnético.....	14
Figura 8. Depósito de expansión.....	14
Figura 9. Partes tapa de llenado	15
Figura 10. Partes constitutivas del radiador	16
Figura 11. Sensor de temperatura y su curva característica	17
Figura 12. Curvas características sensor de temperatura NTC y PTC	17
Figura 13. Sistema de lubricación	18
Figura 14. Partes bomba de aceite	19
Figura 15. Corte del filtro de aceite	20
Figura 16. Cáster	21
Figura 17. Regulador de presión.....	21
Figura 18. Válvula de derivación	22
Figura 19. Generador inductivo y onda sinusoidal	23
Figura 20. Generador Hall y onda cuadrada	24

Figura 21. Configuración del la bobina COP	25
Figura 22. Bobina COP con transistor de potencia incorporado	25
Figura 23. Diagrama eléctrico de la bobina COP con modulo incorporado.	26
Figura 24. Bomba de combustible.....	27
Figura 25. Filtro de combustible	28
Figura 26. Riel de inyectores.....	28
Figura 27. Regulador de presión de combustible	29
Figura 28. Partes de un inyector	30
Figura 29. Sistema de distribución	31
Figura 30. Diagrama de cruce de válvulas.....	32
Figura 31. Funcionamiento del Sistema VVT-i a bajas y medias rpm	34
Figura 32. Funcionamiento del Sistema VVT-i a altas rpm	34
Figura 33. Partes de la válvula.....	35
Figura 34. Leva	36
Figura 35. Elementos del balancín.....	37
Figura 36. Propulsor.....	37
Figura 37. Configuración de la correa de distribución	38
Figura 38. Sistema de ventilación positive del cárter	40
Figura 39. Elementos EGR	41
Figura 40. Reacciones químicas producidas en el catalizador	42
Figura 41. Partes del convertidor catalítico	42
Figura 42. Componentes del EVAP	43

Figura 43. Canister.....	44
Figura 44. Silenciador	45
Figura 45. Tuberías de escape	45
Figura 46. Múltiple de escape	46
Figura 47. Diagrama de unidades de control	47
Figura 48. ECM motor	47
Figura 49. PWM	49
Figura 50. Gráfica señal sensor ECT	50
Figura 51. Gráfica señal sensor inductivo CMP	52
Figura 52. Gráfica señal sensor hall CMP	52
Figura 53. Gráfica señal sensor CKP	53
Figura 54. Gráfica señal sensor de oxígeno.....	54
Figura 55. Generación de voltaje del sensor KS	55
Figura 56. Comportamiento de la señal del sensor KS	55
Figura 57. Gráfica señal sensor MAF.....	56
Figura 58. Gráfica señal sensor MAP	57
Figura 59. Gráfica señal sensor IAT	58
Figura 60. Gráfica señal sensor posición del pedal del acelerador	59
Figura 61. Diagrama ECM parte 1	64
Figura 62. Diagrama ECM parte 2	65
Figura 63. Diagrama ECM parte 3	66
Figura 64. Diagrama ECM parte 4	67

Figura 65. Terminales ECM	68
Figura 66. Socket del sensor ECT	72
Figura 67. Gráfica de funcionamiento del sensor ECT.....	72
Figura 68. Bomba de agua eléctrica	73
Figura 69. Gráfica de funcionamiento de la bomba de agua.....	74
Figura 70. Sensor MAP	76
Figura 71. Gráfica de funcionamiento sensor MAP	76
Figura 72. Sensor IAT y MAF	78
Figura 73. Gráfica de funcionamiento sensor IAT	78
Figura 74. Gráfica de funcionamiento del sensor MAF	79
Figura 75. Gráfica de funcionamiento del sensor CMP	80
Figura 76. Socket bobina COP.....	81
Figura 77. Gráfica señal bobina COP	82
Figura 78. Sensor APP	83
Figura 79. Gráfica sensor APP.....	84
Figura 80. Sensor KS.....	85
Figura 81. Gráfica sensor KS	85
Figura 82. Señal del inyector.....	86
Figura 83. TAC.....	87
Figura 84. Gráfica terminal positivo TAC	88
Figura 85. Gráfica terminal negativo TAC	89
Figura 86. Socket VVT-i	91

Figura 87. Señal VVT-i.....	91
Figura 88. Gráfica señal sensor CKP	92
Figura 89. Gráfica de señal sensor de oxígeno 1.....	94
Figura 90. Señal del sensor de oxígeno 2.....	95
Figura 91. Conexión de cables desde la ECM	96
Figura 92. Señal EGR	96
Figura 93. Socket EGR	97
Figura 94. Señal VSV.....	98
Figura 95. Sistema de arranque.....	99
Figura 96. Motogenerador.....	100
Figura 97. Eje principal	100
Figura 98. Mapa de ruta de subida y bajada.....	102
Figura 99. Mapa de ruta en recta.....	103
Figura 100. Conector OBD II.....	117
Figura 101. Gráfica señal CAN high y CAN low	117

RESUMEN

El trabajo de investigación realizado comprende un estudio general del motor de combustión interna y de cada uno de sus sistemas. Cada sistema fue estudiado mediante pruebas electrónicas en sus sensores, actuadores y elementos adicionales obteniendo así rangos, gráficas y parámetros de funcionamiento.

Estas pruebas se llevaron a cabo con la utilización de un escáner automotriz, teniendo como herramienta adicional el diagrama eléctrico y la descripción de los terminales de la ECM.

El MCI no trabaja constantemente ya que está sujeto a diferentes factores como son la forma de manejo del usuario, las condiciones de la carretera, el estado de la batería, la velocidad, entre otras, por eso se efectuó un análisis del funcionamiento de MG1 y sus componentes quien es el encargado de dar arranque al motor, así como de la transmisión de movimiento desde el motor de combustión interna a MG1 para que se comporte como un generador y ayude a cargar a la batería híbrida con la ECU HV lo crea necesario.

La investigación también incluye una prueba a bordo realizada en subida, bajada y recta a diferentes velocidades para observar el comportamiento del motor con similares condiciones de manejo, relacionando su funcionamiento con el trabajo de otros componentes como lo es la batería HV y la apertura del acelerador.

Se ubicó la salida para el conector OBD II con el fin de obtener el protocolo de comunicación para CAN high y CAN low, las cuales están comunicadas por medio del bus de datos hacia las otras ECU del vehículo.

Se obtuvo diferentes códigos de falla con lo que se demostró que los vehículos híbridos tienen un sistema electrónico muy complejo; porque el auto se coloca en modo de alerta, y en algunas ocasiones ya no encendió al tercer arranque para evitar daños severos.

ABSTRACT

The research work includes a comprehensive study of the internal combustion engine and each of their systems. Each system was studied using electronic evidence in its sensors, actuators and obtaining additional elements ranges, graphs and operating parameters. These tests were conducted with the use of an automotive scanner, with the additional tool electrical diagram and description of the ECM terminals.

The MCI does not always work as it is subject to various factors such as are in the form of user management, the road conditions, the battery status, speed, among others, so an analysis of the operation of MG1 was made and components who is responsible for starting engine and transmission movement from the internal combustion engine to MG1 to behave as a generator and helps charge the hybrid battery ECU HV deemed necessary.

This research also included a test aboard traveling 40km at different speeds to observe the behavior of the engine in different driving conditions that include high and low speeds, steep slopes and sudden starts, linking its operation with the work of other components as is the hybrid battery and throttle opening.

Output to the OBD II connector to obtain the CAN communication protocol for high and low CAN, which are connected via data bus to the other vehicle ECU is located.

Additional different fault codes with what was shown that hybrid vehicles have a very complex electronic system was obtained because the car is placed in standby mode and sometimes no longer lit the third starter to avoid severe damage.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los sectores tecnológicos que ha tenido grandes avances durante los últimos años es sin duda el sector automotriz. El acelerado crecimiento del parque automotor a nivel mundial ha hecho que se produzcan cambios drásticos en el medio ambiente por los gases contaminantes que expulsan los vehículos, así como la escasez de petróleo que ha comenzado a presentarse a nivel global, por estas razones los fabricantes están obligados a mejorar la tecnología en favor de la conservación ambiental y para la reducción de recursos naturales no renovables; creando vehículos que mejoren el rendimiento de la energía motriz, como lo es la tecnología híbrida que posee modernos sistemas de regeneración de energía y sobre todo de reducción de emisiones contaminantes.

Los vehículos híbridos poseen una combinación de un motor de combustión interna operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado, lo que permite que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

El conocimiento del funcionamiento de estos autos es aún desconocido para muchos, en especial para países en desarrollo, por lo que se necesita un mayor análisis de cada componente.

Por el posicionamiento de los vehículos híbridos en Ecuador se realiza un análisis del funcionamiento del motor de combustión interna para esto se investigó los sistemas y componentes principales del motor para entender el funcionamiento real cuando el motor se encuentra funcionando, además, se realizó pruebas con la utilización de un escáner y un osciloscopio para demostrar su eficiencia en el uso de energía, comprobar que la potencia de este motor solo es utilizada en situaciones particulares y determinar los parámetros de funcionamiento de sensores y actuadores. Por último se describió los principales códigos de falla que pueden presentarse en el motor logrando saber las condiciones de alerta en que el vehículo se pondría si esto ocurriese.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CICLO ATKINSON

2.1.1 HISTORIA DEL CICLO ATKINSON

El ciclo Atkinson fue inventado por James Atkinson en el año de 1882, se trata de un motor basado en el Ciclo Otto diseñado para evadir la patente que protegía al motor de cuatro tiempos, no se lo llegó a dar el uso que se esperaba pero en los últimos años se lo ha rescatado para la utilización en autos híbridos. (Torres & Castillo, 2011, pág. 56)

Se trata de un ciclo más eficiente porque consigue relaciones de compresión mucho más altas, su funcionamiento está basado en cinco tiempos: admisión, falsa compresión, compresión real, expansión y escape, en el cual la carrera de compresión dura menos que la de expansión, esto ayuda a aprovechar mejor la energía liberada durante la explosión de la mezcla aire-combustible. La potencia de un motor con ciclo Atkinson disminuye debido a una menor presencia de mezcla aire-combustible en el cilindro pero su eficiencia termodinámica es más alta con respecto a un motor Otto de la misma cilindrada. (Flórez & Callejón, 2011)

2.1.1.1 Características Generales Del Ciclo Atkinson

- El ciclo Atkinson está formado por 5 tiempos: admisión, falsa compresión, compresión real, expansión y escape.
- Permite que la relación de compresión aumente evitando que la gasolina detone antes de tiempo, esto se logra con un retraso en el cierre de las válvulas de admisión permitiendo un reflujo de gases hacia el colector de admisión.
- Tiene un mayor aprovechamiento de la energía liberada durante la explosión de la gasolina.

- Los motores con ciclo Atkinson generan menor potencia aproximadamente en un 20% y un consumo relativamente bajo por eso son idóneos para vehículos híbridos.

2.1.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL CICLO ATKINSON

El ciclo de funcionamiento de un motor Atkinson se divide, al igual que en los motores Otto y Diesel, en cuatro tiempos. La diferencia se encuentra en el tiempo de compresión, el cual se encuentra dividido en dos fases, por lo que, también se le conoce como motor de cinco tiempos.

2.1.2.1 Primer tiempo: admisión

El pistón se encuentra en el PMS, la válvula de admisión está abierta y durante el descenso del pistón hasta el PMI la cámara de combustión se llena de mezcla aire-combustible. La presión en el colector de admisión es inferior a la atmosférica.

2.1.2.2 Segundo tiempo: falsa compresión

El pistón se encuentra en el PMI, e inicia su ascenso para comprimir la mezcla aire-combustible. La válvula de admisión, se mantiene abierta, de manera que el pistón no comprime, sino que devuelve mezcla al colector de admisión. La válvula de admisión se mantendrá abierta durante el primer 20% a 30% del tiempo de compresión. Este retorno de gases hace que la presión en el colector de admisión pase a ser superior a la atmosférica, mejorando la entrada de mezcla de cara al siguiente ciclo.

2.1.2.3 Tercer tiempo: compresión real

La válvula de admisión se cierra, momento en el que se empieza a aumentar la presión en la cámara de compresión. Durante el restante 70% a 80% de la

carrera de compresión, la mezcla aire-combustible será comprimida normalmente.

2.1.2.4 Cuarto tiempo: trabajo

El pistón se encuentra en el PMS con la mezcla comprimida, se enciende, y la expansión de la combustión aplica presión sobre el pistón durante toda la duración de la carrera, hasta el PMI.

2.1.2.5 Quinto tiempo: escape

El pistón se encuentra en el PMI y en su subida al PMS expulsa los gases originados por la combustión de la mezcla aire-combustible al exterior por la válvula de escape y múltiple de escape. (Toyota, 2012)

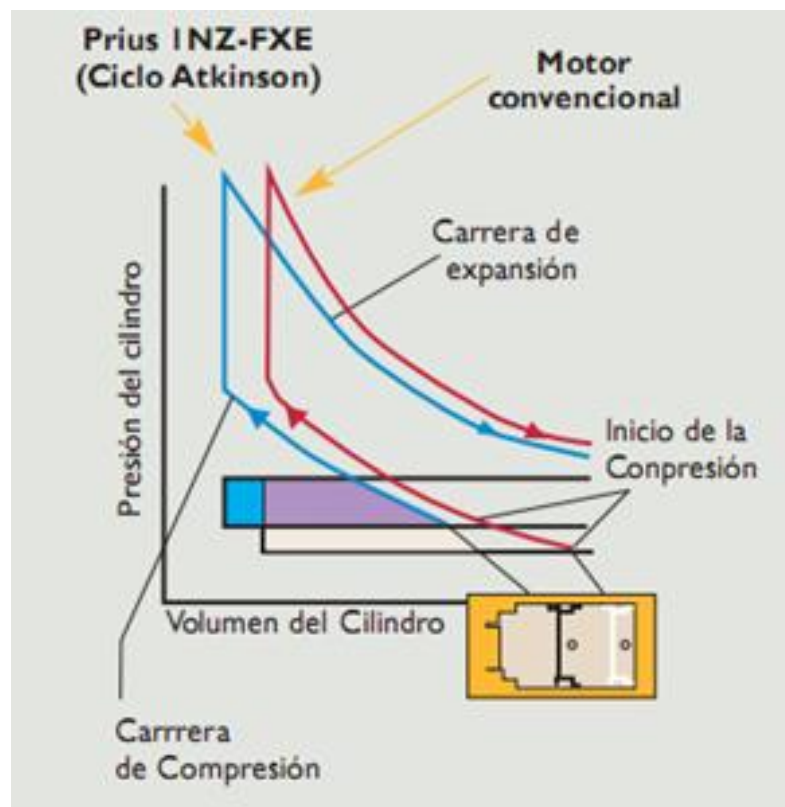


Figura 1. Ciclo de trabajo Atkinson (Bentley Publishers, 2008)

2.1.3 COMPARACIÓN ENTRE CICLO ATKINSON Y CICLO OTTO

Tabla 1. Comparación ciclo otto vs ciclo Atkinson (FITSA, 2008, págs. 16,17,18)

Ciclo Otto	Ciclo Atkinson
<ul style="list-style-type: none">• Aporte de calor solo a volumen constante.• Posee cuatro tiempos de trabajo iguales.• Mayor potencia del motor.• Menor eficiencia termodinámica.• Relaciones de compresión más altas requiere un combustible con mayor octanaje.• La eficiencia del motor Otto es del 25%, solo la cuarta parte se transforma en energía mecánica.• Los cuatro tiempos se realizan en dos vueltas del cigüeñal.	<ul style="list-style-type: none">• Aporte de calor a volumen y presión constante.• La carrera de compresión tiene un tiempo de duración menor a la fase de expansión.• Genera menor potencia.• Mayor eficiencia termodinámica.• Relación de compresión alta con combustibles de 95 octanos.• Aprovecha la energía liberada en la combustión.• Alta compresión evitando el riesgo de detonación.• Los cuatro tiempos se realizan en una sola vuelta del cigüeñal.

2.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CICLO ATKINSON

2.1.4.1 Ventajas

- El ciclo Atkinson es más eficiente que un ciclo Otto en 12% a 14%.

- Realiza menor esfuerzo mecánico para entregar una misma potencia.
- Mayor tiempo de vida útil.
- Emisión de partículas bajas.
- Compensación de potencia con el motor eléctrico.

2.1.4.2 Desventajas

- Costos de producción más altos
- Régimen máximo de giro reducido, un poco más de 5000 rpm
- La potencia obtenida a partir de la cilindrada total es bastante baja
- En el tiempo de compresión no existe tanto aire como en un motor semejante de Ciclo Otto. (Artés, 2012)

2.2 SISTEMAS DEL MOTOR

2.2.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El motor alcanza dentro del cilindro temperaturas superiores a los 2000 °C en el proceso de combustión, es por eso que los elementos más próximos al cilindro y a la cámara de combustión se calientan pudiendo fundirse si no se refrigeran adecuadamente. Cabe señalar que la refrigeración no puede ser excesiva ya que si el motor no consigue la temperatura necesaria la combustión no se realiza con normalidad, esto se debe a que la válvula del termostato se queda abierta esto podría desgastarlo por fricción, pues los metales se contraen por la temperatura. Incluso, el sensor de temperatura del refrigerante, al medir una baja temperatura, inyectará más combustible, por consiguiente, las emisiones contaminantes se elevarán.

Por tanto, el sistema de refrigeración debe ser eficaz para poder evacuar gran cantidad de calor en intervalos tan cortos de funcionamiento; debiendo

mantener la temperatura interna dentro de los límites de tolerancia de los materiales y lograr así el mayor rendimiento del motor. ("Cristobal de Monroy" Dpto Tecnología, 2011, pág. 1)

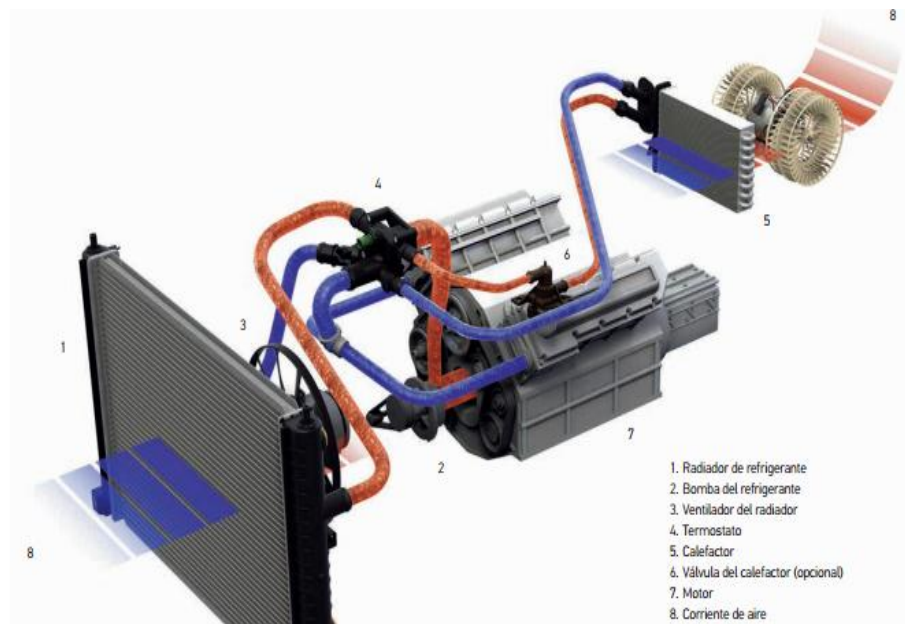


Figura 2. Sistema de Refrigeración (Behr Hella, 2013, pág. 7)

2.2.1.1 Partes Del Sistema De Refrigeración

Los componentes principales son:

Bomba

Este elemento de refrigeración impulsa el refrigerante por todo el sistema de enfriamiento del motor.



- 1 Cubo
- 2 Envoltura
- 3) Conjunto de cojinete y eje
- 4) Asiento
- 5) Impulsor
- 6) Cierre hermético

Figura 3. Partes bomba de agua (Crouse, 1993, pág. 316)

Termostato

Su misión es acelerar el proceso de calentamiento del motor, impidiendo la circulación del líquido refrigerante hacia el radiador. Una vez que este ha alcanzado su temperatura de funcionamiento, el termostato se abre, dejando que el líquido llegue al radiador para su enfriamiento.

Está ubicado en la salida de líquido del motor hacia el radiador, para controlar el paso del mismo.

Está formado por una válvula, accionada por una cápsula rellena de un material muy sensible a la temperatura, el cual al dilatarse o contraerse, en función de la temperatura del refrigerante, abre o cierra la válvula. (Fundación CIDAUT, 2012, pág. 27)



Figura 4. Elementos del termostato

(Gallego, Sistemas de refrigeración, 2010, pág. 46)

Ventilador

El ventilador es el encargado de impulsar aire fresco sobre la superficie del radiador para disipar el calor del líquido y obtener una transferencia de calor más rápida.

Según su tipo de accionamiento tenemos:

- **Accionamiento directo**

El ventilador dispone de una polea, en la que se ubica una correa para transmitir el movimiento desde el cigüeñal.

Es poco utilizado porque el ventilador gira siempre que el motor está en marcha, absorbiendo potencia constantemente. (Fundación CIDAUT, 2012, pág. 30)



Figura 5. Ventilador por accionamiento directo

(Fundación CIDAUT, 2012, pág. 30)

- **Accionamiento eléctrico**

Conocido como electroventilador, es accionado por un motor eléctrico de corriente continua, que utiliza la energía procedente de la batería. Su accionamiento está gobernado por un sensor de temperatura el cual lo acciona cuando se alcanza una temperatura determinada.

En la actualidad, se dispone un electroventilador de velocidad variable, gobernado por la centralita de gestión del motor. (Fundación CIDAUT, 2012, pág. 31)

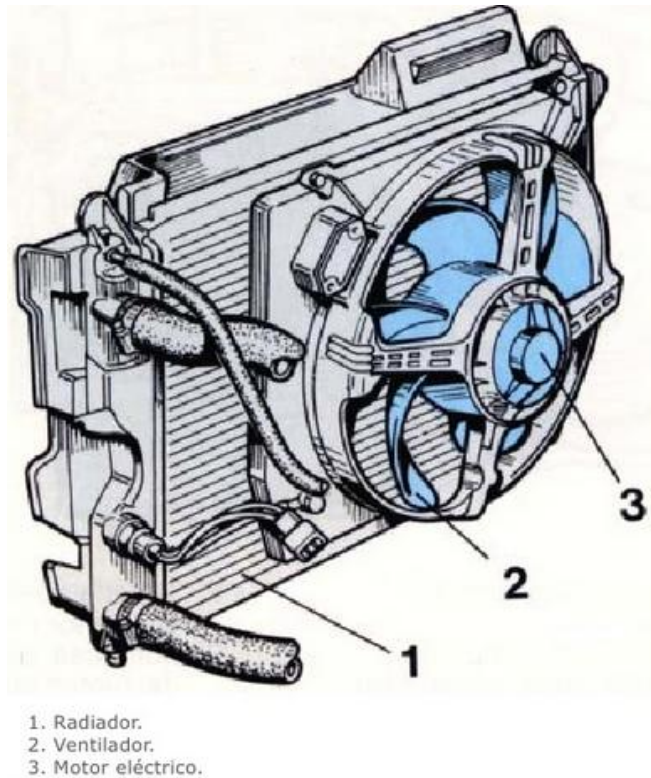


Figura 6. Electroventilador (Grupo Fiat, 2009, pág. 23)

- **Accionamiento electromagnético**

Posee un embrague de arrastre de accionamiento electromagnético, adicional dispone de unas bobinas, que al ser atravesadas por la corriente, generan un campo magnético, que provoca el accionamiento del embrague.

La alimentación es controlada por un termocontacto, similar al empleado en el accionamiento del electroventilador. (Fundación CIDAUT, 2012)

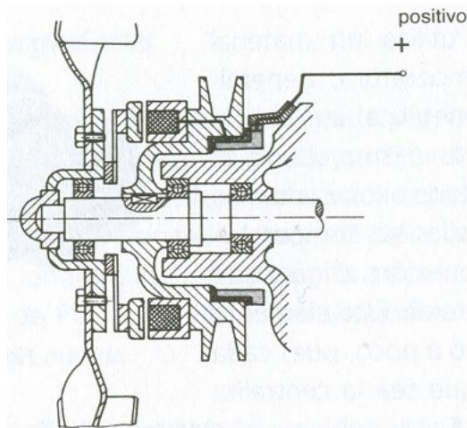


Figura 7. Ventilador de accionamiento electromagnético

(Fundación CIDAUT, 2012, pág. 33)

Depósito de expansión.

Es un recipiente hermético al cual se encuentra conectado un tubo de entrada y otro de salida que permiten la circulación del líquido, adicional algunos vehículos pueden tener un sensor de nivel del refrigerante. Se encuentra conectado al circuito de refrigeración y compensa las variaciones de volumen del refrigerante, recogiendo el líquido sobrante cuando aumenta la temperatura y cediendo el refrigerante cuando disminuye. Es importante siempre mantener un nivel del líquido adecuado. (Fiat, Evolucion-@, 2011)



Figura 8. Depósito de expansión

(Gallego, Sistemas de refrigeración, 2010, pág. 53)

Tapa de llenado

Nos ayuda a reponer el líquido refrigerante cuando sea necesario, adicional posee dos válvulas de seguridad que en reposo se encuentran cerradas, la una nos permite liberar la sobrepresión del circuito, mientras que la segunda válvula de depresión permite el paso del aire del exterior cuando el valor de presión está por debajo de la presión atmosférica. (Fiat, Evolucion-@, 2011)

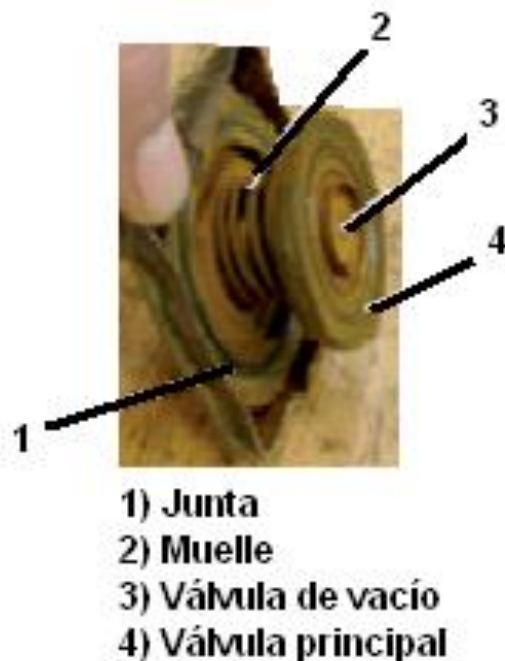


Figura 9. Partes tapa de llenado

(Gallego, Sistemas de refrigeración, 2010, pág. 59)

Radiador

El radiador permite enfriar el agua caliente que recibe, procedente del intercambio de calor producido a su paso por las cámaras de combustión, el calor del líquido del circuito se transmite a los tubos que forman el radiador y que a su vez son enfriados con el aire impulsado por la marcha del automóvil. (Hernández, 2007, pág. 7)

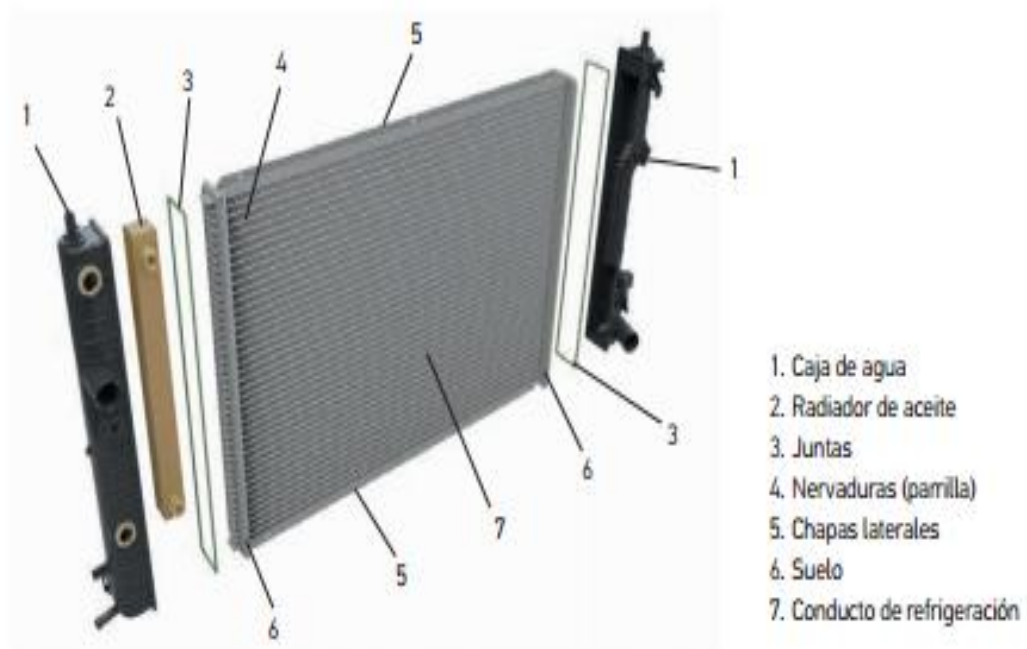


Figura 10. Partes constitutivas del radiador (Behr Hella, 2013, pág. 8)

Sensor de temperatura.

Es un dispositivo de control electrónico que informa de la temperatura del motor a la computadora para que active el electroventilador. Posee dos terminales, un voltaje de referencia es suministrado a un terminal a través de una resistencia fija en serie localizada dentro del computador, el otro terminal es conectado a tierra. El computador monitorea la resistencia fija y lo compara con un voltaje de referencia para determinar la temperatura del termistor. También es el encargado de informar acerca de un sobre calentamiento para que la ECU encienda la luz de aviso de falla. (Ingeniería Automotriz miga, 2012)

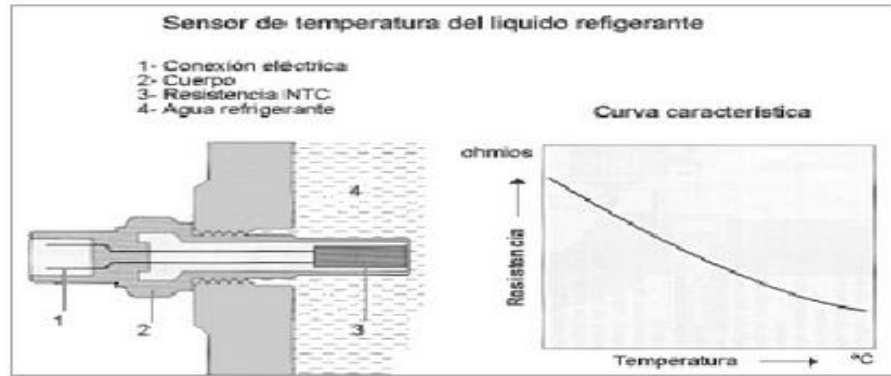


Figura 11. Sensor de temperatura y su curva característica

(CISE, 2010, pág. 4)

Existen dos tipos:

- NTC (Coeficiente térmico negativo)

Este tipo de sensor disminuye la resistencia cuando la temperatura incrementa.

- PTC (Coeficiente térmico positivo)

Es aquel que aumenta su resistencia cuando la temperatura aumenta.

(CISE, 2010, pág. 4)

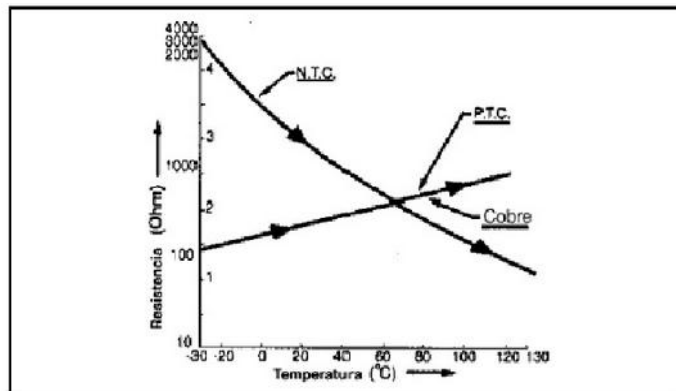
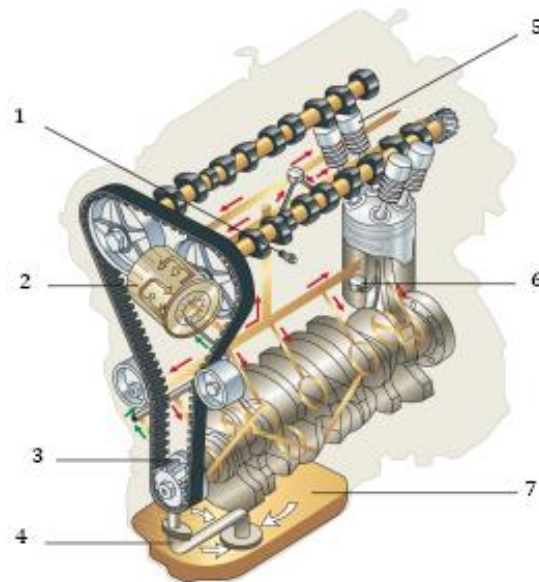


Figura 12. Curvas características sensor de temperatura NTC y PTC

(CISE, 2010, pág. 4)

2.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación es el encargado de distribuir el aceite por las piezas de motor que se encuentran en movimiento, reduce el trabajo perdido en rozamientos, interponiendo entre dos piezas metálicas una película lubricante que evita el contacto directo entre ellas y el desgaste, como el lubricante se renueva continuamente el calor producido por el rozamiento es evacuado con él ayudando al óptimo rendimiento del motor. (Domínguez & Ferrer, 2008)



- 1) Interruptor de presión
- 2) Filtro
- 3) Bomba de aceite
- 4) Tubo de succión
- 5) Taqués hidráulicos
- 6) Boquilla rociadora de aceite
- 7) Cárter

Figura 13. Sistema de lubricación (Domínguez & Ferrer, 2008)

La lubricación en un motor de combustión interna tiene varios objetivos:

- Disminuir la fricción entre las piezas móviles.
- Reducir el desgaste.
- Refrigerar.
- Limpiar
- Amortiguar y absorber ruidos.
- Sellar (Universidad de Uruguay, 2012, págs. 2,3)

2.3.1 PARTES

2.3.1.1 Bomba de aceite

Es la encargada de enviar caudal de aceite que se encuentra en el cárter a todas las partes del motor.

El cigüeñal o el árbol de levas generalmente impulsa la bomba de aceite mediante el uso de un engranaje, correa o eje impulsor. (Martínez, 2007, pág. 81)

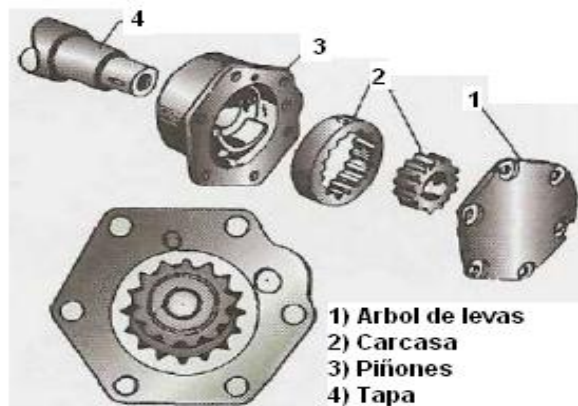
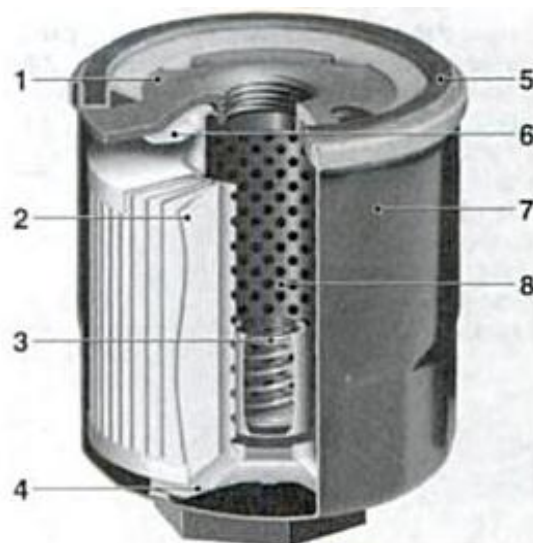


Figura 14. Partes bomba de aceite (Montoya, 2008, pág. 98)

2.3.1.2 Filtro de aceite

El filtro de aceite atrapa las impurezas superiores a 0,005mm contenidas en el aceite lubricante de manera que no recirculen a través del motor. Todo el aceite bombeado pasa por el filtro de aceite el cual está compuesto por un elemento de papel en forma de acordeón para aumentar la superficie filtrante.

Está provisto de una válvula de seguridad para garantizar el paso de aceite al circuito de lubricación en caso de obstrucción del papel filtrante, y además puede incorporar una segunda válvula anti-descarga para evitar que se vacíe el circuito con motor parado, consiguiendo que en el próximo arranque llegue aceite instantáneamente a los órganos del motor que lo necesiten. (Grupo Fiat, 2010)



1 Tapa roscada, 2 Cartucho del filtro, 3 Válvula de derivación, 4 Muelle, 5 Junta, 6 Membrana de bloqueo de retorno, 7 Carcasa, 8 Tubo central.

Figura 15. Corte del filtro de aceite (Bosch, 2005, pág. 523)

2.3.1.3 Carter

El cárter recolecta y almacena el aceite de motor. Muchos cárter de aceite son hechos de láminas de acero prensado, con una zona hueca profunda y montan un colador de aceite para filtrar las impurezas de mayor tamaño. Además, un tapón de vaciado está situado en la parte inferior para vaciar el aceite usado cuando sea necesario. En el caso de tener un sistema de lubricación seco, el depósito de aceite está situado en el exterior del cárter. (Martínez, 2007, pág. 83)



Figura 16. Cárter (CONAE, 2001)

2.3.1.4 Regulador de presión

El regulador de presión de aceite o válvula de alivio es el encargado de excluir el aceite en exceso cuando el caudal de la bomba es muy elevado y lo envía nuevamente al depósito. (Martínez, 2007, pág. 82)

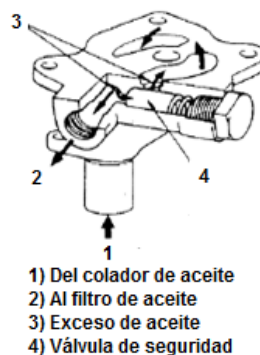


Figura 17. Regulador de presión (Martínez, 2007, pág. 82)

2.3.1.5 Válvula de derivación

La válvula de derivación es la encargada de hacer pasar el aceite por otra vía antes de que llegue al filtro cuando este está saturado por las impurezas. En estas circunstancias, la válvula de derivación se abre y permite el ingreso de aceite sin filtrarlo, manteniendo el flujo de aceite requerido por el motor. Esta operación evita que el filtro de aceite colapse y provoque un mayor daño al sistema. (Martínez, 2007, pág. 82)

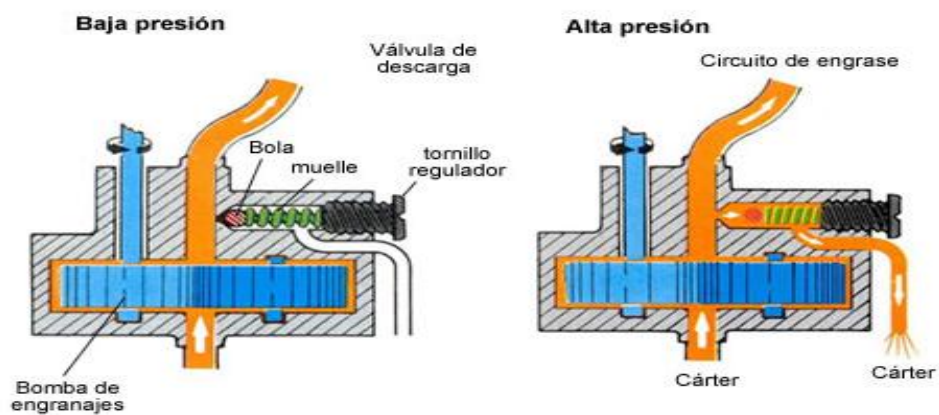


Figura 18. Válvula de derivación (Hernandez, 2011)

2.4 SISTEMA DE ENCENDIDO

El sistema de encendido en el motor es el encargado de generar un arco eléctrico entre los electrodos de la bujía (6000-24000v) para provocar la combustión de la mezcla aire-combustible que se encuentra dentro del cilindro. Y el sistema de carga almacena y genera energía eléctrica mediante la batería y el alternador. (Cardenas & Kaslin, 2006, págs. 11,12)

Realiza las siguientes funciones:

- Ruptura del circuito primario de carga de la bobina y el consecuente salto de chispa.

- Cálculo del avance de encendido y su modificación en función del régimen y la carga del motor.
- Elaboración y distribución de la alta tensión a las bujías. (Hernandez, Analizador de módulos de control de encendido electrónico para Automóviles, 2005, pág. 3)

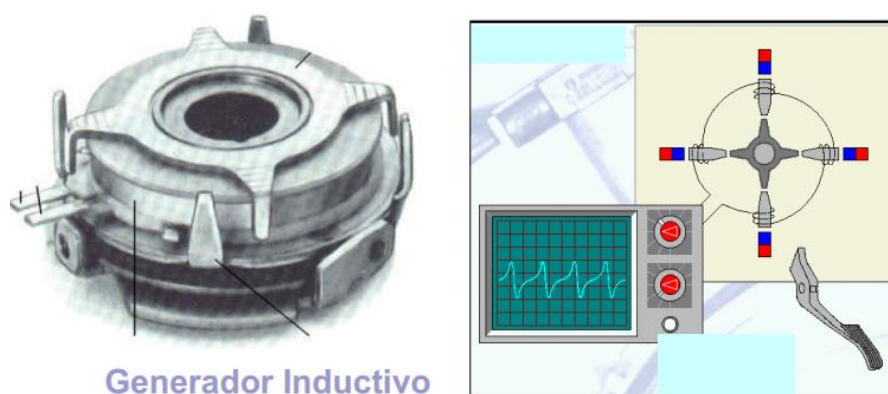
2.4.1 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

2.4.1.1 Encendido transistorizado

En el encendido transistorizado el ruptor se sustituye por un generador de impulsos pudiendo ser Inductivo o de efecto Hall.

Generador inductivo

Este sistema dispone de los mismos elementos (batería, bobina, distribuidor y bujías) como los empleados en un encendido convencional con la diferencia que en la cabeza del distribuidor está instalado el generador inductivo que genera una señal eléctrica sinusoidal que es enviada a la ECM para que gestione el corte de la corriente en el bobinado primario para crear la alta tensión que se manda a las bujías. (Cardenas & Kaslin, 2006, pág. 14)



Generador Inductivo

Figura 19. Generador inductivo y onda sinusoidal

(TECSUP, 2009, pág. 54)

Tipo Hall

Este sensor posee 3 cables: alimentación, tierra, y señal. Al girar el eje del distribuidor las pantallas y ventanas del obturador van pasando entre el imán permanente y el elemento de efecto hall. “El obturador cambia la forma del campo magnético entre el imán y el sensor Hall, éste capta el cambio del campo magnético, un circuito integrado Hall lo amplifica y forma una señal de onda cuadrada” que luego es enviada por el cable de señal a la ECU. (Cardenas & Kaslin, 2006, pág. 14)

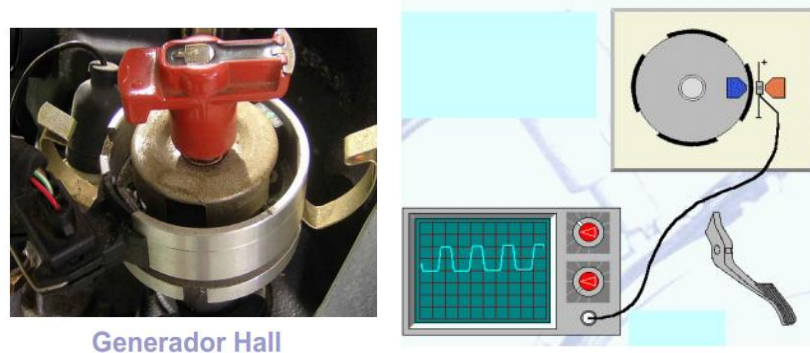


Figura 20. Generador Hall y onda cuadrada (TECSUP, 2009, pág. 55)

2.4.1.2 Encendido electrónico COP

El encendido COP (coil-on plug) no posee cables de alta tensión ya que las bobinas están ubicadas arriba de cada bujía con lo cual se simplifica la resistencia a la alta tensión de los cables y se mejora la eficiencia de la combustión. Este sistema también es conocido como encendido independiente o secuencial ya que el transformador y la bujía forman un solo conjunto. (Ayala, 2013)

La configuración más sencilla es aquella que tiene dos pines de conexión, un positivo de contacto, una masa del PCM y una salida de alta tensión hacia la respectiva bujía. Como se muestra en la figura. (CISE, 2010, pág. 14)

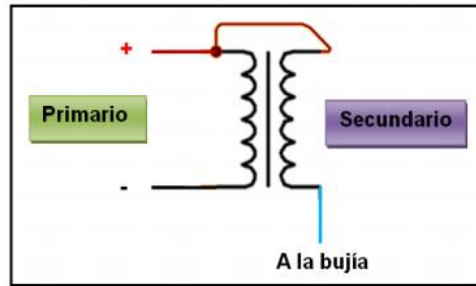
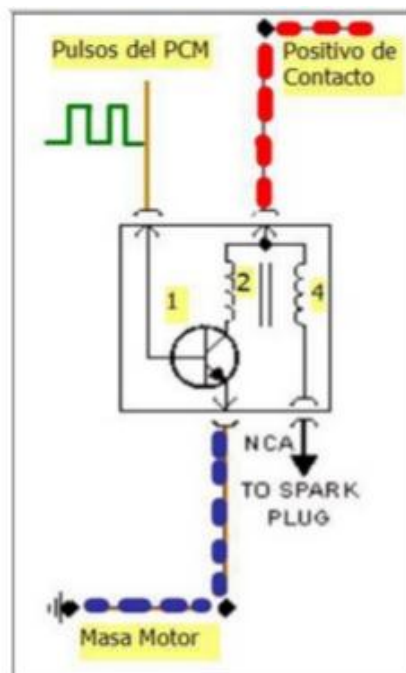


Figura 21. Configuración del la bobina COP (Jiménez, 2012, pág. 47)

Bobina COP con transistor de potencia incorporado

Este tipo de bobinas incorpora un transistor que es comandado por el PCM a través de pulsos. En el esquema inferior se puede observar que la bobina tiene 3 conectores: positivo de contacto o ignición, masa y una serie de pulsos provenientes del PCM, cada uno de estos pulsos logra excitar la base del transistor y de esta forma satura la bobina y se genera la chispa. (CISE, 2010, pág. 16)



- 1) Transistor de potencia
- 2) Devanado primario
- 3) Devanado secundario

Figura 22. Bobina COP con transistor de potencia incorporado

(CISE, 2010, pág. 17)

Bobina COP con modulo incorporado

Esta bobina posee 4 cables, de los cuales 3 se utilizan para generar la chispa exactamente igual que en las bobinas con transistor de potencia y el cuarto genera una señal de retroalimentación al PCM, cada vez que se genera una correcta inducción en el primario, y se conoce como IGT (Ignition timing-Tiempo de encendido), mientras se produzca correctamente el proceso de inducción hacia el secundario se produce un pulso o IGF que no es más que una comprobación que el primario de la bobina realizo la inducción. (CISE, 2010, pág. 19)

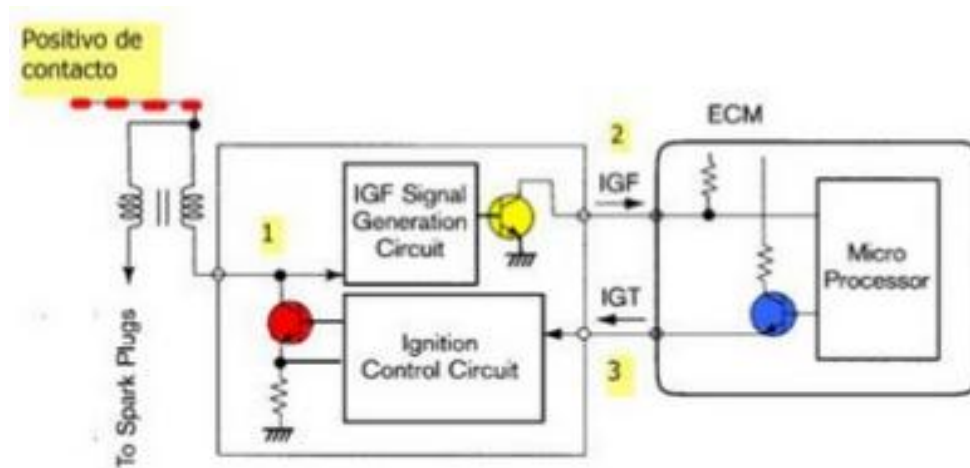


Figura 23. Diagrama eléctrico de la bobina COP con modulo incorporado

(CISE, 2010, pág. 19)

2.5 SISTEMA DE INYECCIÓN

El sistema de inyección proporciona al motor un mejor rendimiento en su funcionamiento, y reduce los elementos contaminantes que son expulsados posteriormente al ambiente.

Los sistemas de inyección electrónica tienen la característica de permitir que el motor reciba solamente el volumen de combustible que necesita en cualquier régimen de revoluciones. (Nami, s.f., pág. 1)

2.5.1 PARTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

2.5.1.1 Bomba eléctrica de combustible

Es la encargada de absorber la gasolina desde el depósito de combustible y enviarla a presión hacia el riel de inyectores. Gobernada mediante la alimentación de un relé principal, el cual es comandado por la ECU. Es de funcionamiento continuo y se encuentra ubicada dentro del tanque de combustible, la cual es activada por un motor eléctrico. (Castelo & Amàn, 2012, pág. 24)

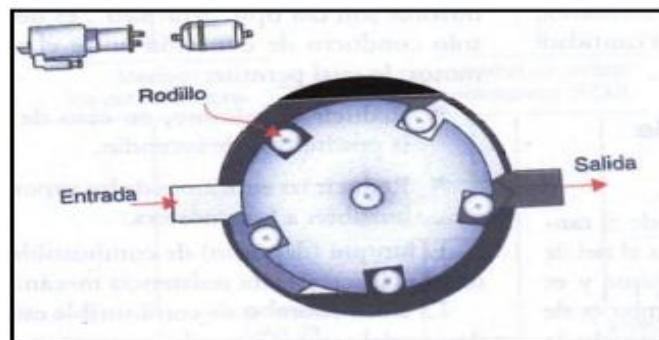


Figura 24. Bomba de combustible (Castelo & Amàn, 2012, pág. 23)

2.5.1.2 Filtro de combustible

Retiene las pequeñas partículas que contiene la gasolina, para que los orificios de descarga de los inyectores no se obstruyan. El filtro es de alta presión y debe ser remplazado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Suelen estar constituidos por un pequeño tamiz de malla metálica o de plástico y se encuentran a la salida del depósito o dentro del tanque de combustible. (Castelo & Amàn, 2012, pág. 24)

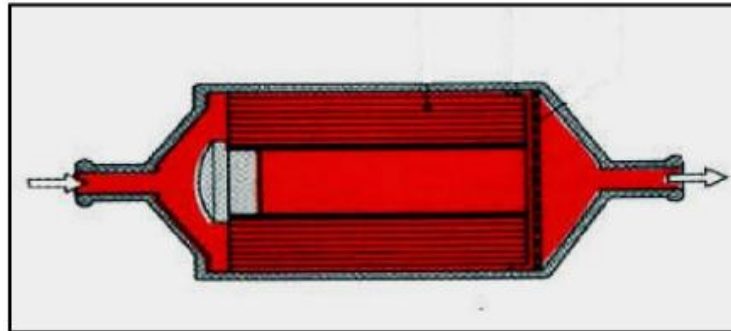


Figura 25. Filtro de combustible (Castelo & Amàn, 2012, pág. 24)

2.5.1.3 Riel de inyectores

Es utilizado en los sistemas de inyección multipunto proporcionando una presión uniforme de combustible a todos los inyectores asegurando un suministro homogéneo en cada uno. (Castelo & Amàn, 2012, pág. 25)

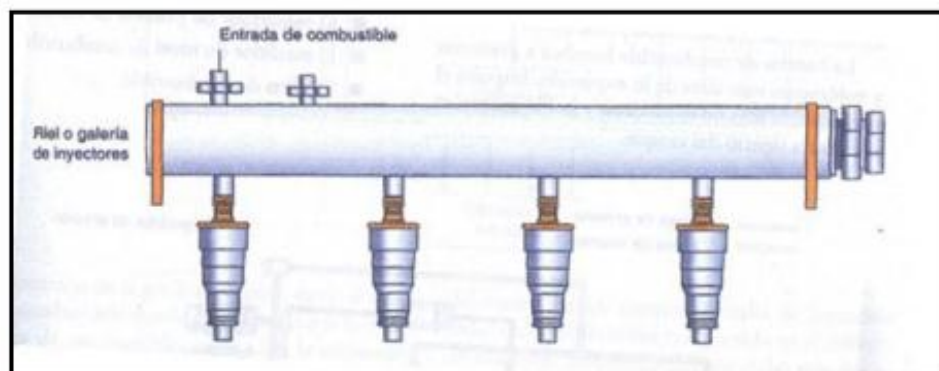


Figura 26. Riel de inyectores (Castelo & Amàn, 2012, pág. 25)

2.5.1.4 Regulador de presión de combustible

La función fundamental del regulador de presión es enviar el combustible al depósito por la línea de retorno cuando se supere la presión máxima admisible en el riel de inyectores. (Castelo & Amàn, 2012, pág. 26)

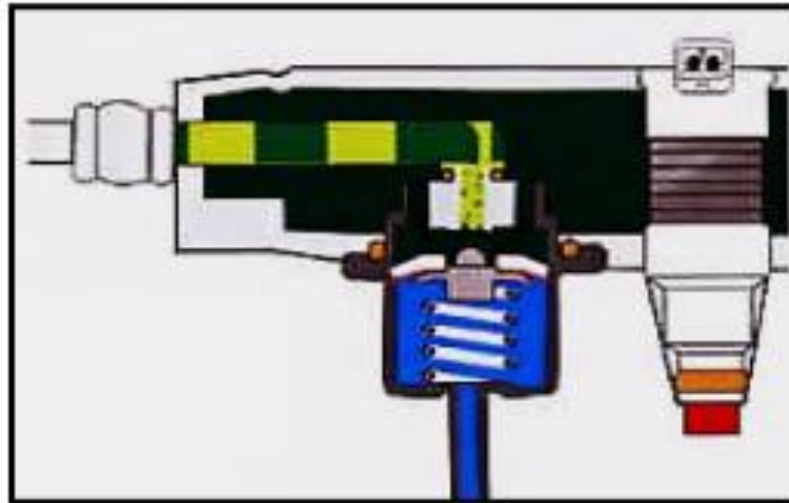


Figura 27. Regulador de presión de combustible

(Castelo & Amàn, 2012, pág. 25)

2.5.1.5 Inyectores

Son los encargados de inyectar combustible dentro del cilindro para su próxima combustión. La ECU es la encargada de mandar los impulsos eléctricos que gobiernan la apertura de los inyectores. El tiempo de duración de los impulsos determina el tiempo de apertura de la aguja pulverizadora y debido que la alimentación del inyector es constante, la cantidad de combustible inyectado será proporcional al tiempo de duración del impulso eléctrico. (Castelo & Amàn, 2012, pág. 26)

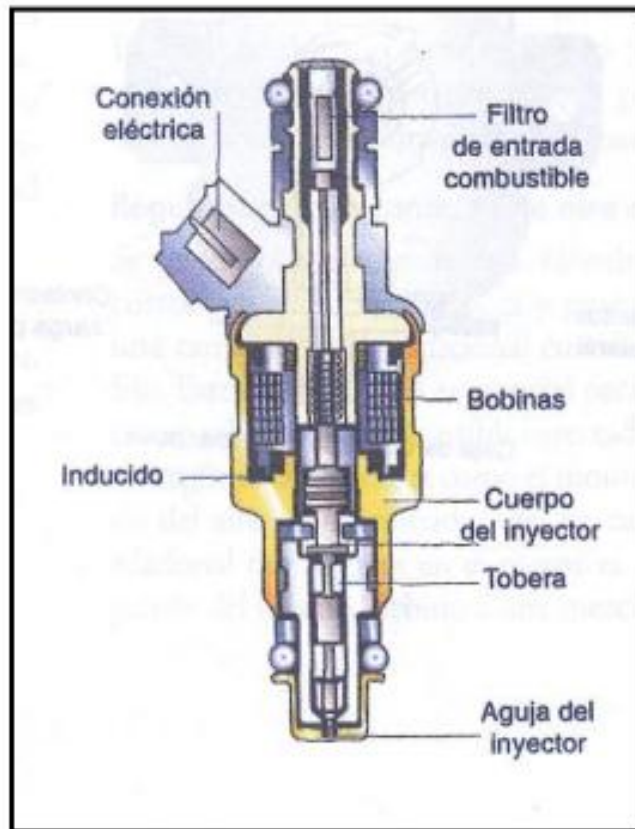


Figura 28. Partes de un inyector

(Castelo & Amàn, 2012, pág. 27)

2.6 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Este sistema es el encargado de coordinar la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape dependiendo de la ubicación del pistón y de forma sincronizada con el giro del cigüeñal.

La válvula está compuesta por una cabeza que sirve para cerrar el orificio de paso de los gases y de un vástago que sirve para guiar el movimiento y transmitir a la cabeza el empuje de la leva y la fuerza del muelle. (Lepiz, 2007)

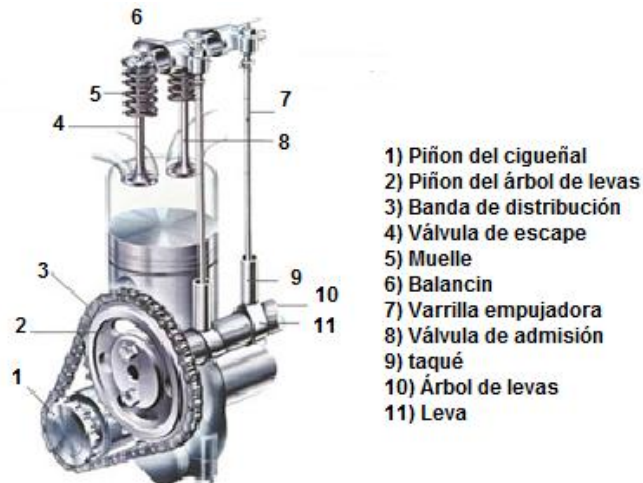


Figura 29. Sistema de distribución (Lepiz, 2007)

2.6.1 SINCRONIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS

Los puntos más importantes a tomar en cuenta son:

- La válvula de admisión debe abrirse antes del P.M.S., es decir, antes de que el pistón empiece a descender en el tiempo de admisión.
- La válvula de admisión permanece abierta mucho después del P.M.I., (en plena fase de compresión) para aprovechar la velocidad de los gases entrantes, lo cual ayuda a introducir una cantidad adicional de la mezcla en el cilindro.
- La válvula de admisión regula el rango de revoluciones del motor. Si esta se cierra más tarde, entra más combustible en el cilindro y, por lo tanto, las revoluciones aumentan.
- La válvula de escape debe abrirse mucho antes de que termine el tiempo de explosión para liberar la presión de los gases en expansión que están en el cilindro antes de que el pistón suba en el tiempo de escape. (Lepiz, 2007)

2.6.2 CRUCE DE VÁLVULAS

El periodo de cruce de válvulas tiene lugar en el inicio del tiempo de admisión, cuando la válvula de admisión ya está abierta y la de escape no se ha cerrado por completo. Los motores tienen un cruce de válvulas de 15 a 30 grados de giro del cigüeñal.

Un cruce adicional proporciona un llenado de cilindro más eficaz a altas revoluciones, pero produce depresión en el motor, así como una mayor pobreza en el rendimiento a bajos regímenes, en la calidad de marcha en ralentí y en la economía de combustible a baja velocidad. (Lepiz, 2007)

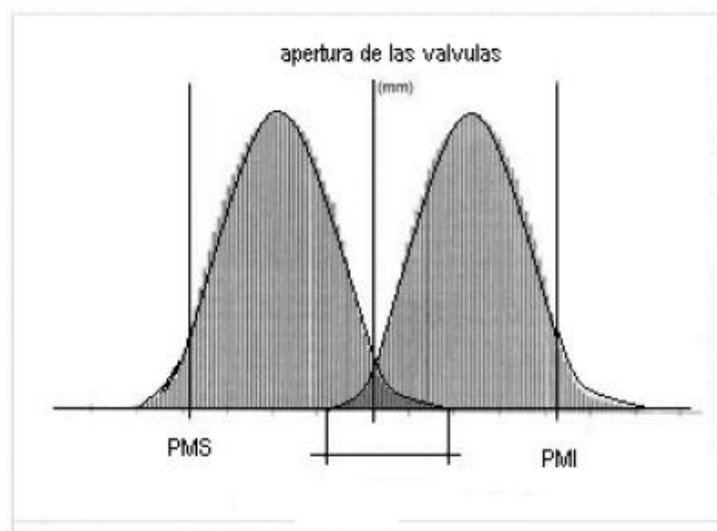


Figura 30. Diagrama de cruce de válvulas (Lepiz, 2007)

2.6.3 SINCRONIZACIÓN VARIABLE DE VÁLVULAS (VVT)

Con el uso del VVT lo que se consigue es retrasar la apertura de las válvulas de admisión y así evitar que los gases quemados ingresen al múltiple de admisión y a la vez se evita enriquecer la mezcla durante el ralentí. Los gases que no se han quemado aun en el escape (CO y HC) retornan al

múltiple de admisión por lo que la contaminación por CO y HC se reduce obteniendo emisiones más limpias. Además los gases de escape al regresar por el cilindro, provocan que la cámara de combustión se enfríe evitando la producción de Nox.

Hay dos sistemas fundamentales para variar la distribución.

1. Variación de la alzada de válvula, con ello se consigue modificar el avance y cierre de la válvula, además de disminuir el área de paso de los gases frescos.
2. Desplazamiento del árbol de levas con respecto al cigüeñal. (Lepiz, 2007)

2.6.4 SISTEMA VVT-i (SINCRONIZACIÓN VARIABLE DE VÁLVULAS INTELIGENTE)

El sistema VVT-i controla las siguientes funciones:

- Control de los tiempos de distribución.
- Control mediante dos estados de funcionamiento de la alzada de la leva.
- Control del árbol de levas de admisión y escape.

El mecanismo consta de un solo balancín, el cual acciona las dos válvulas de admisión a la vez. Dicho balancín es accionado por dos levas de diferente perfil, uno más suave que el otro. El apoyo del perfil de leva agresivo es un bulón al cual se le permite un cierto desplazamiento mientras no actúe un tope que se acciona hidráulicamente. Cuando el motor funciona a bajas y medias vueltas el tope no está accionado, con lo que el bulón sube y baja, de manera que el perfil de leva agresivo no acciona el balancín, siendo las válvulas accionadas por el perfil de leva suave. (Lepiz, 2007)

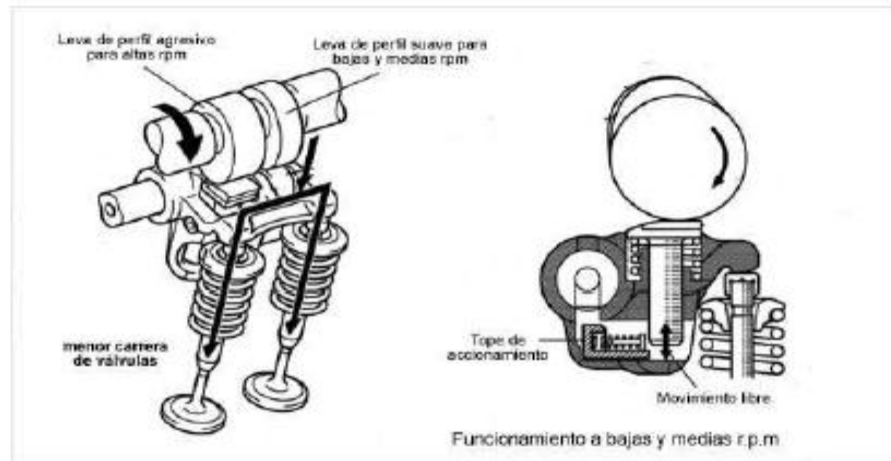


Figura 31. Funcionamiento del Sistema VVT-i a bajas y medias rpm

(Lepiz, 2007)

A altas r.p.m., la unidad de control electrónica acciona la válvula hidráulica, con lo que el mecanismo se acciona bloqueando el bulón, de manera que es ahora el perfil de leva agresivo el que acciona a las válvulas consiguiéndose así un diagrama de distribución propio de un motor rápido. (Lepiz, 2007)

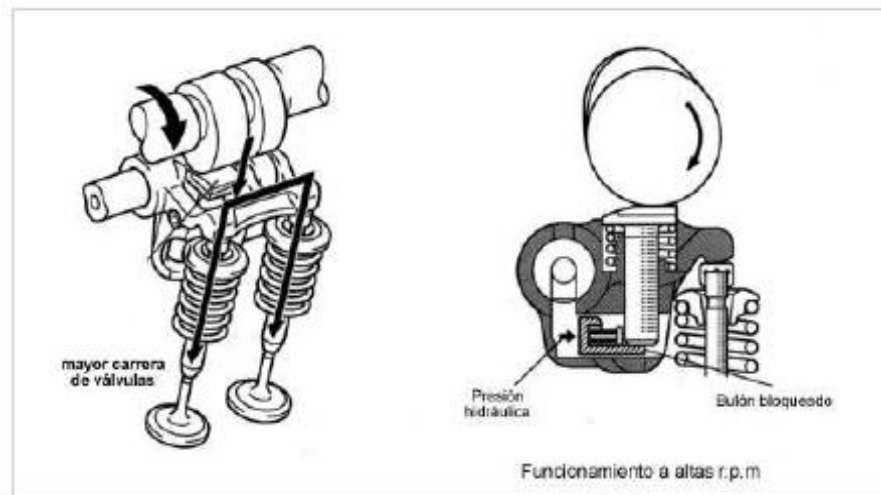


Figura 32. Funcionamiento del Sistema VVT-i a altas rpm (Lepiz, 2007)

2.6.5 PARTES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

2.6.5.1 Válvulas

Las válvulas tienen la misión de abrir y cerrar los orificios de entrada y salida de gases en cada ciclo, tienen el borde de la cabeza tallado en toda su periferia en forma de cono con una inclinación de 45° , para que, al asentarse en el correspondiente contracono de la culata se consiga un cierre hermético.

La cabeza lleva un vástago perfectamente cilíndrico, gracias al cual toda la pieza se refrigera y se desplaza alternativamente dentro de las guías.

En su extremo lleva un rebaje para soportar el sistema de cierre de la válvula sobre la culata. Para su fabricación se emplean aceros capaces de soportar las cargas sin deformarse y de resistir los efectos de corrosión que producen las altas temperaturas y los productos de la combustión. (Serrano, 2011)

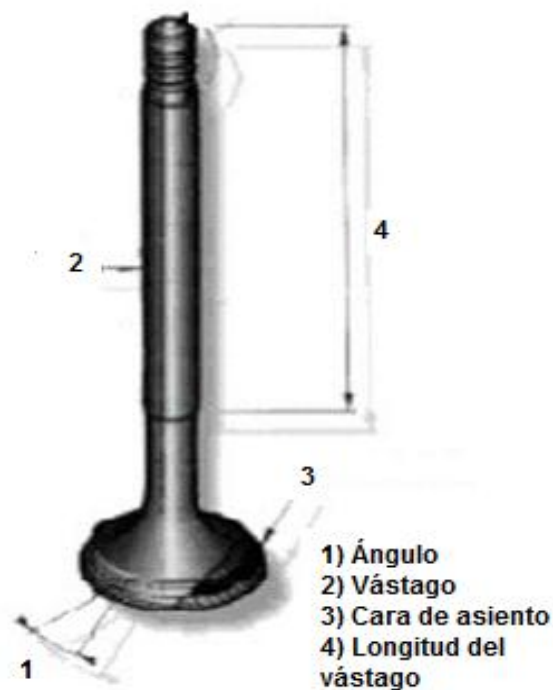


Figura 33. Partes de la válvula (Serrano, 2011)

2.6.5.2 Eje de levas

El eje de levas es el encargado de abrir las válvulas mediante el empuje que ejerce el mismo, como la válvula se abre y cierra una vez por cada dos vueltas del cigueñal, la leva tiene que dar una vuelta en cada ciclo. (Serrano, 2011)

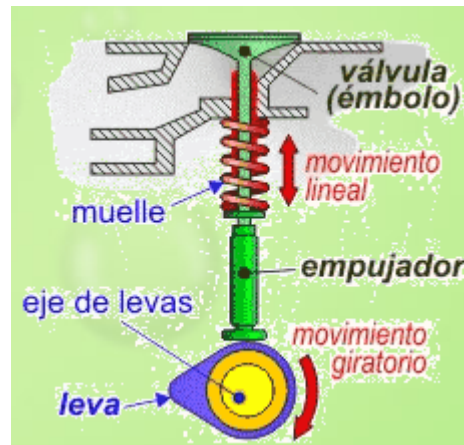


Figura 34. Leva (Serrano, 2011)

2.6.5.3 Balancines y propulsores

Los balancines son palancas que transmiten el movimiento de las levas a las válvulas, en unos casos el eje de giro de los balancines puede estar en su centro denominándose balancines basculantes y en otros puede estar en un extremo de la palanca y se los llama balancines oscilantes.

El balancín basculante es normalmente utilizado cuando el árbol de levas se situa en el bloque del motor, mientras que, el balancin oscilante se emplea cuando el árbol de levas se encuentra en la culata. (Serrano, 2011)

Los propulsores son los que indican hasta qué punto las válvulas se abren y cuánto tiempo permanece abierta. Cuando se produce una holgura en el tren de válvulas, un muelle que hay entre el pistón y el cuerpo del propulsor hace que se expanda. El aceite sometido a presión rellena la cavidad que se crea

debajo del pistón. La pequeña fuga que se produce entre el émbolo y el cuerpo del propulsor permite vaciar el aceite sobrante. (Ariza, 2014)

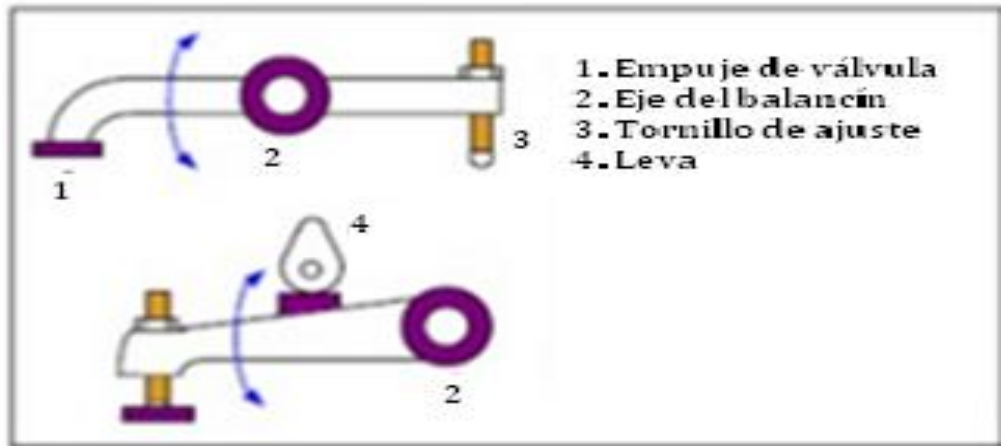


Figura 35. Elementos del balancín (Serrano, 2011)

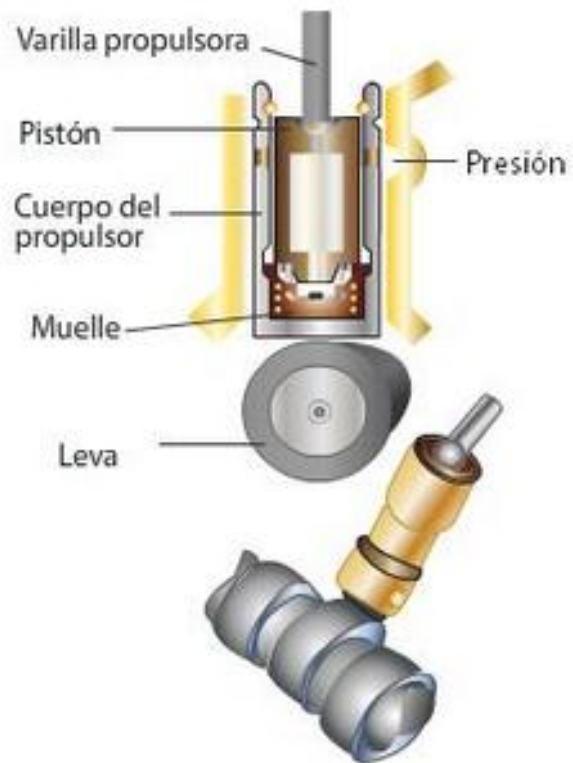


Figura 36. Propulsor (Ariza, 2014)

2.6.5.4 Correa de distribución

Es un elemento que permite la transmisión de la energía mecánica entre un piñón de arrastre y otro arrastrado, mediante un sistema de dentado mutuo que posee tanto la correa como los piñones, impidiendo su deslizamiento mutuo. Se emplea muy frecuentemente en motores Otto y diésel de 4 tiempos entre el cigüeñal y el árbol de levas. (LUK-Aftermarkt Service S.L., 2008)

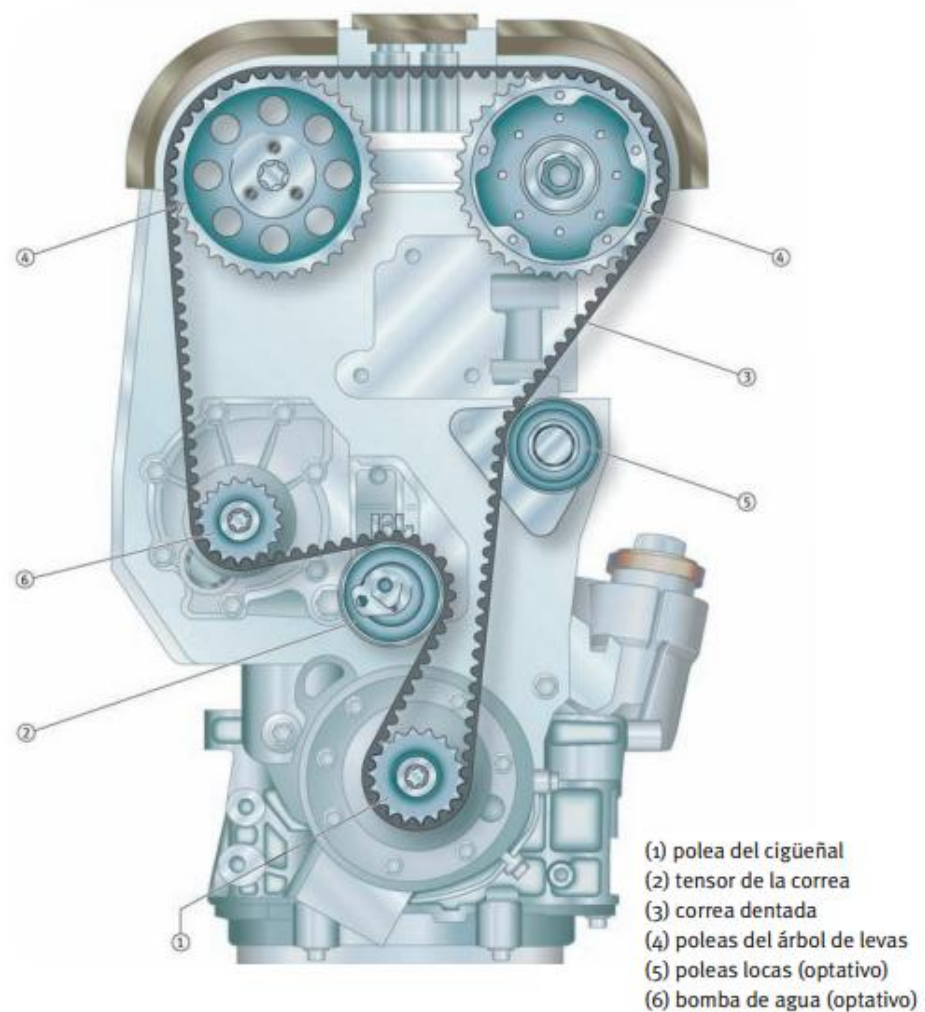


Figura 37. Configuración de la correa de distribución

(LUK-Aftermarkt Service S.L., 2008)

2.7 SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES

La función del sistema de control de emisiones es disminuir los gases contaminantes expulsados por el motor en porcentajes determinados por la ley de cada país o ciudad.

“Para obtener niveles de emisiones bajos, es necesario mantener la correcta operación de los sistemas de combustible y encendido; no obstante esto no es suficiente, por lo cual se han diseñado sistemas de control de emisiones a fin de disminuir la carga de polución producida por los vehículos, ya que alcanza aproximadamente el 70% de la contaminación del medio ambiente.”
(Biblioteca virtual Luis Ángel Arango, 2008)

2.7.1 TIPOS DE SISTEMAS PARA EL CONTROL DE EMISIONES

2.7.1.1 Sistema de ventilación positiva del cárter PCV

Este método permite extraer los vapores del cárter para introducirlos en la cámara de combustión y que sean quemados. Cuando el motor se encuentra en un cierto rango de rpm se abre el sistema de ventilación positiva del cárter que se encuentra conectado al múltiple de admisión, creándose depresión dentro del motor para permitir la entrada de aire fresco por medio de unos conductos desde el filtro de aire y la salida de los gases nocivos hacia la cámara de combustión, pasando por el múltiple de admisión.

El flujo de gases depende exclusivamente del PCV, y la abertura de este depende del vacío creado en el múltiple de admisión. (Biblioteca virtual Luis Ángel Arango, 2008)

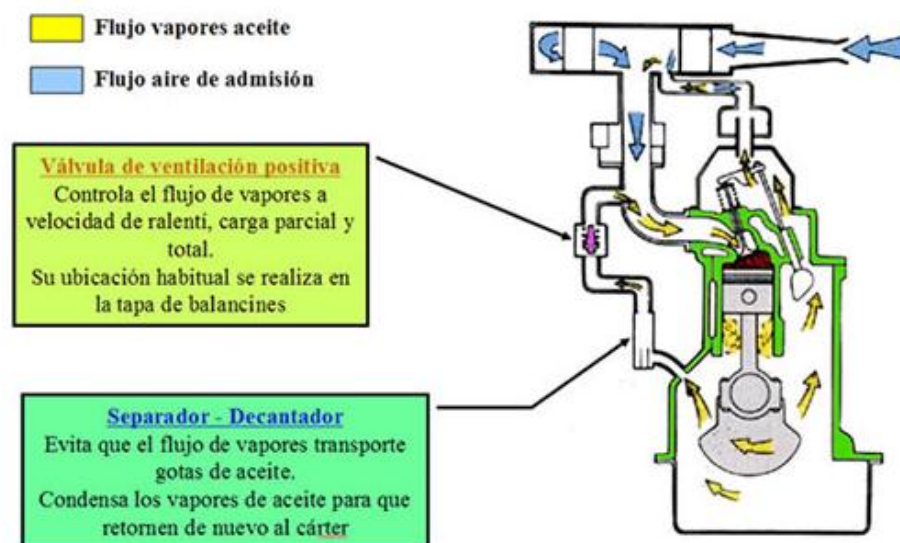


Figura 38. Sistema de ventilación positiva del cárter

(Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)

2.7.1.2 Sistema de recirculación de gases de escape EGR

Su función primordial es disminuir la cantidad de óxidos de nitrógeno (NOx) que salen de la cámara de combustión, introduciendo una parte de los gases de escape nuevamente al motor, para que el dióxido de carbono (CO₂) absorba el calor y la temperatura de la cámara disminuya. Se utiliza principalmente en los motores Diesel, donde no es posible la utilización de convertidores catalíticos de tres vías para el control de las emisiones de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y Nox.

La EGR interconecta el múltiple de escape con el de admisión, y su apertura está controlada por la cantidad de vacío que llega a la cámara superior de ésta, haciendo mover un diafragma que abre la válvula en el extremo inferior.

La cantidad de vacío está regulada por el computador, por medio de uno o un conjunto de electroválvulas y por la señal de un sensor localizado en la

parte superior de la EGR, que le informa la posición de esta. (Biblioteca virtual Luis Ángel Arango, 2008)

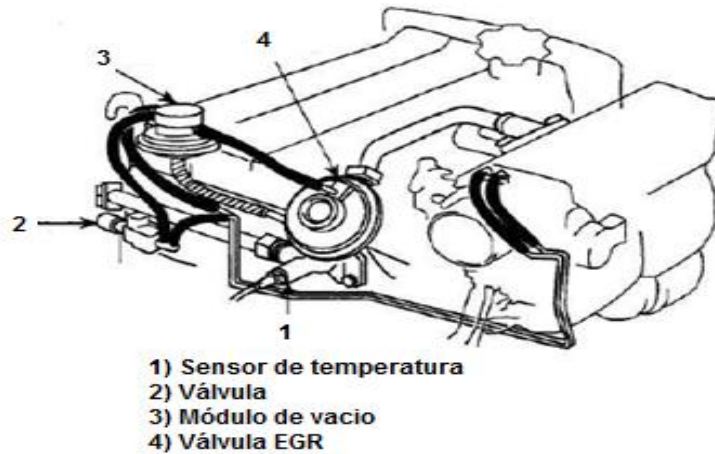


Figura 39. Elementos EGR (Boster, Encendido electrónico, 2005)

2.7.1.3 Convertidor catalítico

El convertidor catalítico realiza en su interior reacciones químicas de oxidación y reducción para transformar los gases contaminantes producidos por el motor en otros menos contaminantes que son liberados a la atmósfera. Específicamente evita la salida de más de un 90% de CO, HC y NOx. Está compuesto por un panel de cerámica de dióxido de zirconio que permiten realizar dos reacciones de oxidación:

- $\text{CO} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$
- $\text{HC} + \text{O}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$

y una de reducción

- $\text{NO}_x = \text{N}_2 + \text{O}_2$

De esta forma, un vehículo puede estar equipado con un catalizador de oxidación o con dos catalizadores, uno de reducción seguido de uno de

oxidación, o con un catalizador de tres vías que hace las tres reacciones pero en una sola unidad. (Biblioteca virtual Luis Ángel Arango, 2008)

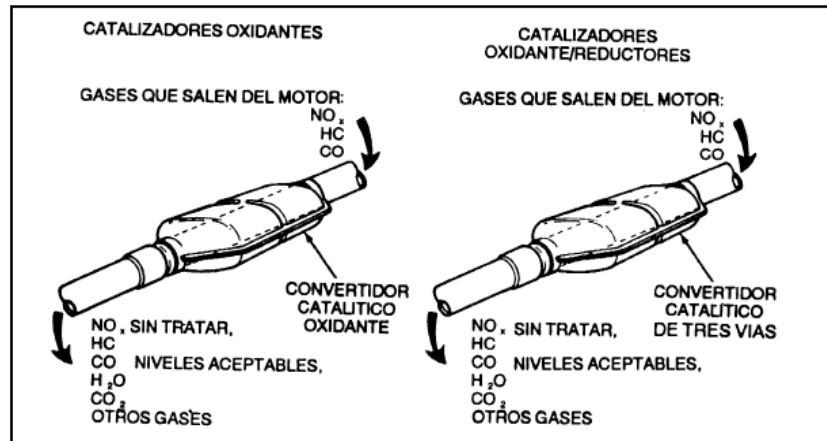


Figura 40. Reacciones químicas producidas en el catalizador

(Biblioteca virtual Luis Ángel Arango, 2008)

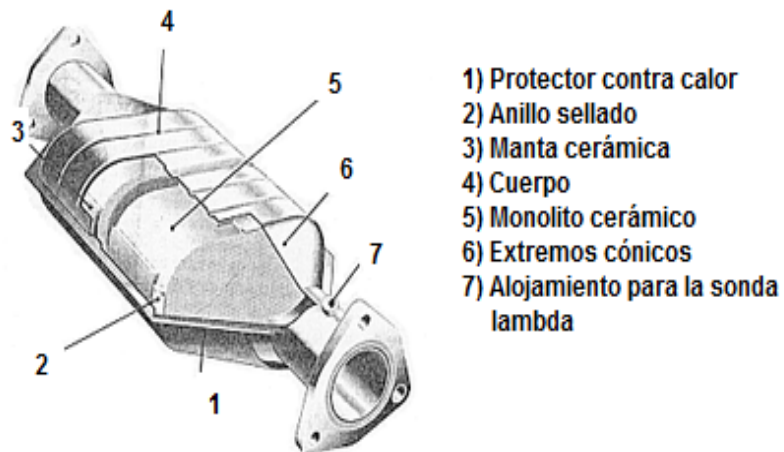


Figura 41. Partes del convertidor catalítico

(Biblioteca virtual Luis Ángel Arango, 2008)

2.7.1.4 EVAP (sistema de control de evaporaciones de gases)

La función del sistema EVAP es permitir la apropiada ventilación del sistema de combustible y evitar que las evaporaciones se descarguen a la atmósfera,

es decir se debe retener y almacenar los vapores cuando el motor está apagado, que es cuando se da la mayor cantidad de evaporación. Cuando el motor se arranca dichos vapores deben ser quemados en los cilindros. En la mayoría de los sistemas el almacenamiento se da en un depósito de carbón activado, comúnmente llamado Canister. (Grupo Amaro, 2013)

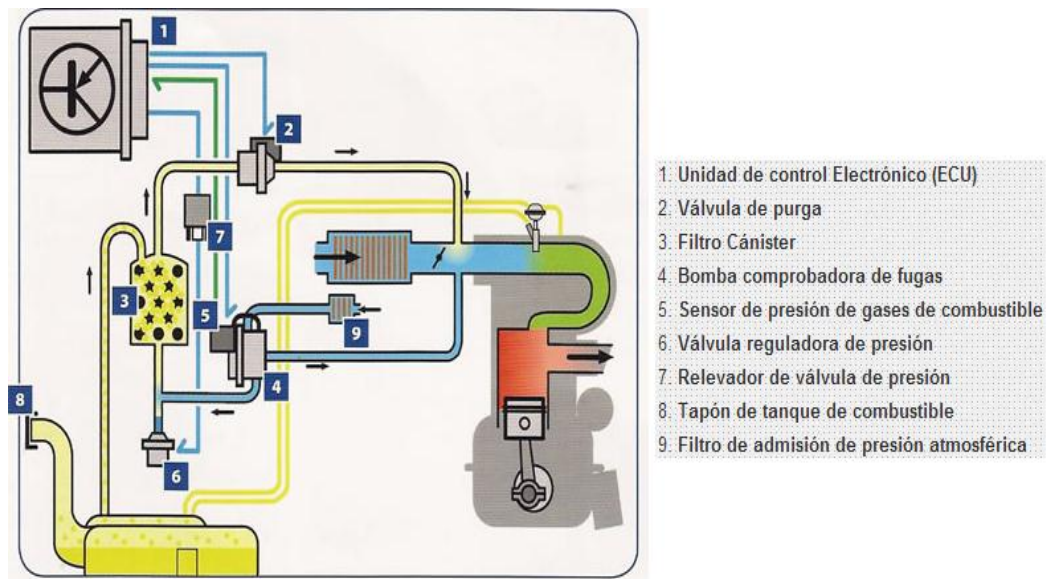


Figura 42. Componentes del EVAP (Grupo Amaro, 2013)

2.7.1.5 Canister

El Cánister, es un filtro de carbón activo que está unido al circuito de llenado del depósito de combustible y al colector de admisión mediante unas canalizaciones. La encargada de decidir cuándo se introducen estos vapores al colector de admisión es la unidad electrónica de mando de la inyección por medio de electroválvulas. (Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)

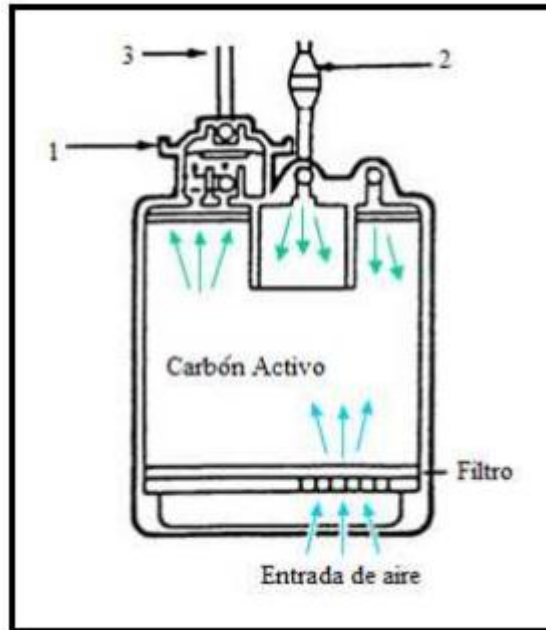


Figura 43. Canister (Noguera & Vela, 2012)

2.7.2 PARTES DEL SISTEMA DE ESCAPE

Entre los principales componentes del sistema se encuentran:

2.7.2.1 Silenciador

El silenciador reduce el nivel del ruido producido por el motor y por los gases de escape a medida que se desplazan del convertidor catalítico a la atmósfera.

A los silenciadores se les da un tratamiento de revestimiento con un agente anticorrosivo durante la fabricación para incrementar la vida del silenciador y se pueden fabricar de chapa de metal o de acero inoxidable. (Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)



Figura 44. Silenciador (Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)

2.7.2.2 Tuberías de escape

El tubo de escape de un vehículo se utiliza para poder evacuar los gases de combustión desde el motor hacia el exterior del vehículo una vez que el motor ha realizado la combustión de la gasolina. (Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)



Figura 45. Tuberías de escape (Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)

2.7.2.3 Múltiple de escape

El múltiple de escape tiene entradas para permitir la inyección del aire dentro del escape, y al hacerlo se impulsan a alta presión hacia fuera. Esto hace

que el vehículo se desplace mejor a altas revoluciones. (Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)



Figura 46. Múltiple de escape (Biblioteca virtual Luis Angél Arango, 2008)

2.8 SISTEMA ELECTRÓNICO DEL VEHÍCULO

2.8.1 UNIDADES DE CONTROL

Se cuenta con un complejo mecanismo de funcionamiento el cual alterna las operaciones de Motores Eléctricos y el motor de combustión interna, para que todo el sistema opere de forma segura y fiable debe medir y controlar gran número de variables de forma independiente, para esto el sistema debe ser descentralizado teniendo unidades de control independiente, pero relacionándolas todas a través del BUS DE DATOS, es decir aunque una unidad de control no reciba directamente la información de un componente si la va a tener todo el tiempo disponible ya que esta información viajará permanentemente por el bus. (Torres & Castillo, 2011)

En la figura 61 se puede apreciar las principales unidades de control que están relacionadas para el funcionamiento en un vehículo Híbrido

► Diagrama del sistema ◀

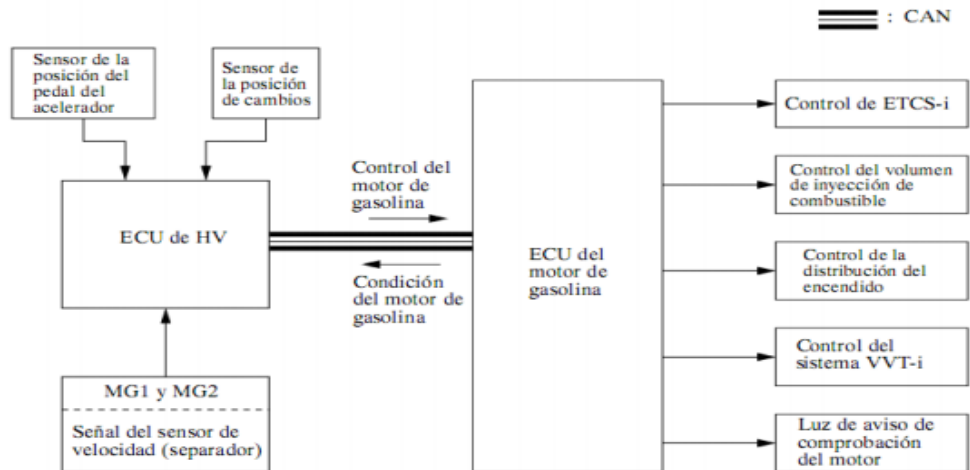


Figura 47. Diagrama de unidades de control

(Torres & Castillo, 2011)

2.8.1.1 ECM del motor

Permite apagar y encender el motor de combustión cuando la unidad del vehículo híbrido (HV) así lo requiera, tiene las condiciones similares de operación de cualquier ECM convencional, la única diferencia en cuanto a sensores es que no toma la señal del APP (Sensor de Posición del Acelerador), solo recibe el mensaje a través del Bus de Datos. (Torres & Castillo, 2011)



Figura 48. ECM motor (Torres & Castillo, 2011)

2.8.1.2 Función del ECM

El ECM cumple con las siguientes funciones:

- a)** El ECM recibe las señales de la ECU HV; además, controla el sistema ETCS (Sistema de control electrónico del acelerador), el ajuste del encendido y el sistema VVt-i.
- b)** Cuando la ECU de control HV detecta una avería, diagnostica y almacena los valores
- c)** El ECM utiliza los siguientes datos antes de asumir el control de los actuadores, y calcular el momento óptimo de la inyección:

- Velocidad de giro del motor
- Sensor de presión absoluta (MAP)
- Posición del ángulo
- Sensor de posición del eje de levas (CMP)
- Sensor de posición del cigüeñal (CKP)
- Temperatura del refrigerante del motor (ECT)
- Presión del aceite del motor (EOP)
- Nivel de aceite del motor (Torres&Castillo, 2011)

2.8.1.3 Ecu híbrida

El módulo de control electrónico híbrido o ECU híbrida controla todo el sistema híbrido con precisión y velocidad mediante la técnica conocida como PWM (modulación de ancho de pulso) muy utilizada para la activación de actuadores debido a su versatilidad en términos de programación. PWM consiste en la variación del pulso respecto a la frecuencia. (CISE Electronics, 2013)

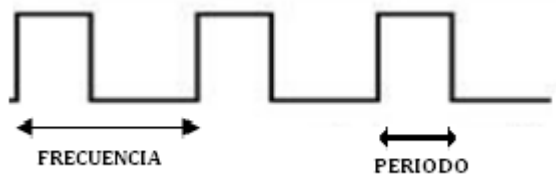


Figura 49. PWM (CISE Electronics, 2013)

2.8.1.4 Función ECU híbrida

Entre las funciones más relevantes que gestiona el modulo se encuentra:

- Activación de relés de alta tensión que son controlados por la ECU de la batería para el paso del alto voltaje hacia el inversor.
- Activación de los moto generadores MG1 y MG2 a través de la electrónica del inversor.
- Comunicación con diversos módulos mediante Red CAN como: modulo inmovilizador, control de anti derrapé, airbag, transmisión, ECU de batería híbrida, módulo de control de motor, módulo del control de frenado, etc.
- Carga de la batería auxiliar de 12v por medio del inversor. (CISE Electronics, 2013)

2.9 CONTROL ELECTRONICO DEL MOTOR

2.9.1 SENSORES

Los sensores se encargan de enviar información a la unidad de control, esta la procesa y envía una orden, que recibe el actuador y se encarga de ejecutarla. (Universidad Nacional de la Plata, 2011, pág. 2)

2.9.1.1 Sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT

El Sensor ECT envía una señal a la ECM para modificar el ángulo de inyección y el tiempo de encendido en las diferentes condiciones de trabajo.

Es un sensor de tipo NTC, lo que significa que su resistencia interna aumenta cuando la temperatura disminuye.

Este sensor está ubicado cerca del termostato o en cualquier parte de la culata que tenga contacto directo con el refrigerante. (HELLA, 2002)

Número de cables:

2 cables:

- Masa.
- Señal (Calderón & Luis, 2011)

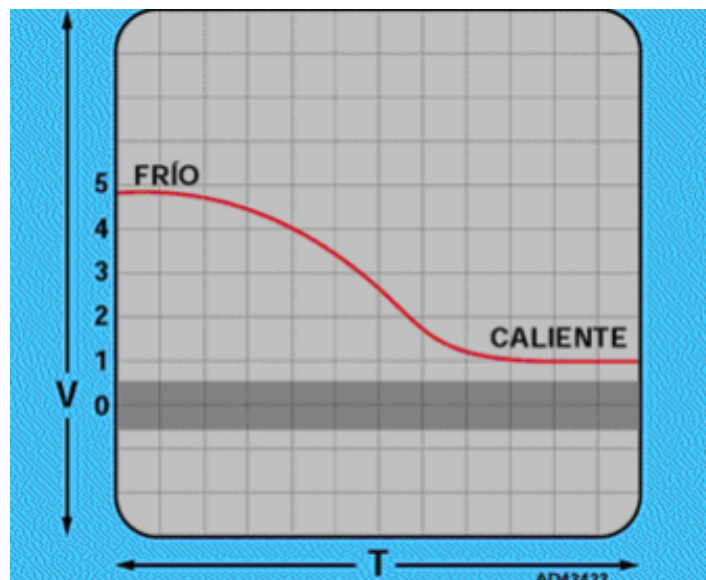


Figura 50. Gráfica señal sensor ECT (Mendez, 2007)

2.9.1.2 Sensor de posición del eje de levas CMP

Este sensor envía una señal a la ECM a fin de sincronizar la activación de inyectores de combustible y la chispa de encendido en las bujías.

Esto se logra a través de un aro dentado que igual que el sensor de posición de cigüeñal trae una marca o una parte lisa donde la ECM determina el final de una vuelta y la señal será diferente al pasar por la parte lisa como se muestra en la figura número 51 y 52, y de esta manera puede saber si el cigüeñal y el árbol de levas están alineados correctamente, si eso es así da el pulso y la chispa a nuestro vehículo, si determina una puesta a tiempo errónea determinara por no dar pulso de inyección evitando un daño más serio en el motor. (CISE, 2010, pág. 22)

Existen de dos tipos:

- **Inductivo**

Posee dos cables de conexión hacia una bobina de imán fijo, se inducen pequeñas tensiones de señal cuando los dientes de una rueda pasan a través del campo magnético generado por la bobina. Cada diente produce un pulso Este tipo de sensor produce una onda sinusoidal.

- **Efecto Hall**

Para este tipo de sensor se necesita pasar una corriente por un semiconductor que está situado en las proximidades de un campo magnético variable, estas variaciones pueden ser producidas por el eje de levas. Un sensor de efecto hall produce una onda cuadrada. (Bosch, 2008, pág. 34)

- Número de cables:

Inductivo: 2 cables

- Masa.
- Señal.

Efecto hall: 3 cables

- Alimentación: 12v.
- Masa.
- Señal. (Calderón & Luis, 2011)

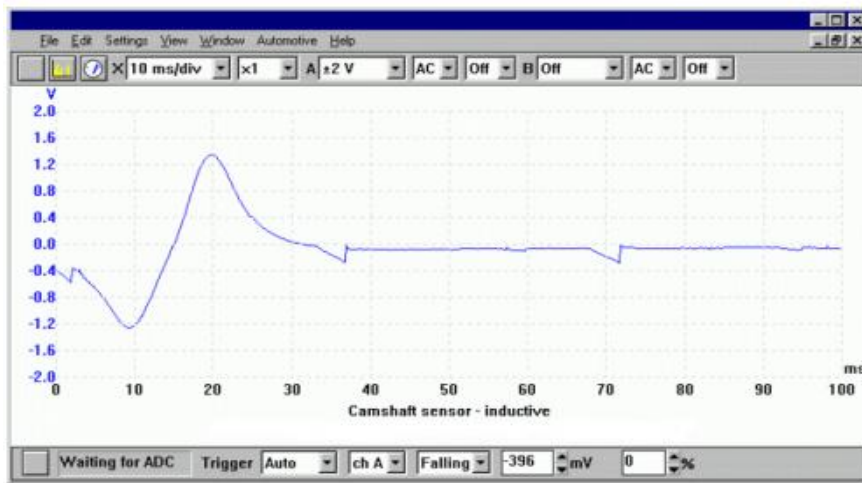


Figura 51. Gráfica señal sensor inductivo CMP (Chiavetto, 2010)

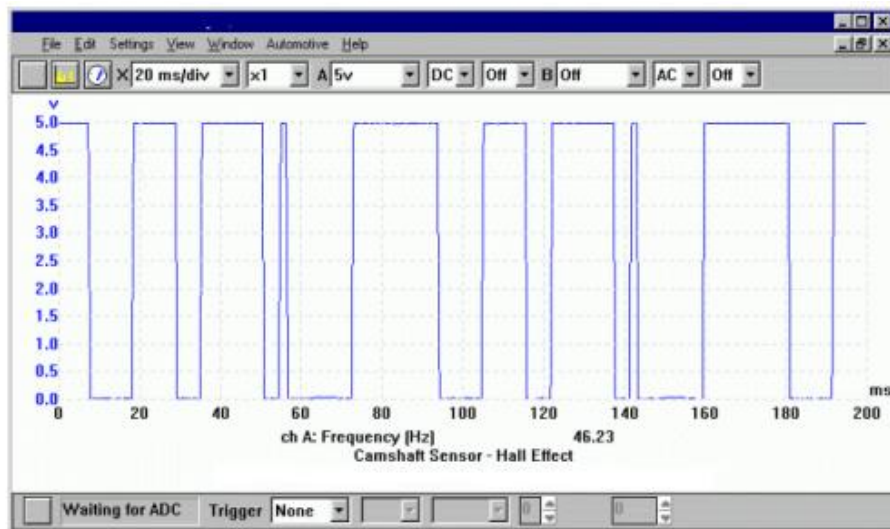


Figura 52. Gráfica señal sensor hall CMP (Chiavetto, 2010)

2.9.1.3 Sensor de posición del cigüeñal CKP

Este sensor determina la velocidad del motor y problemas de encendido, se encuentra ubicado cerca de la polea del cigüeñal. Esta señal combinada con la de sensor de árbol de levas indica cual cilindro está en etapa de compresión y de esta manera el ECM puede determinar del orden de encendido. (CISE, 2010, pág. 23)

- Número de cables

Inductivo: 2 cables

- Masa.
- Señal.

Efecto hall: 3 cables

- Alimentación: 5v o 12v.
- Masa.
- Señal. (Calderón & Luis, 2011)

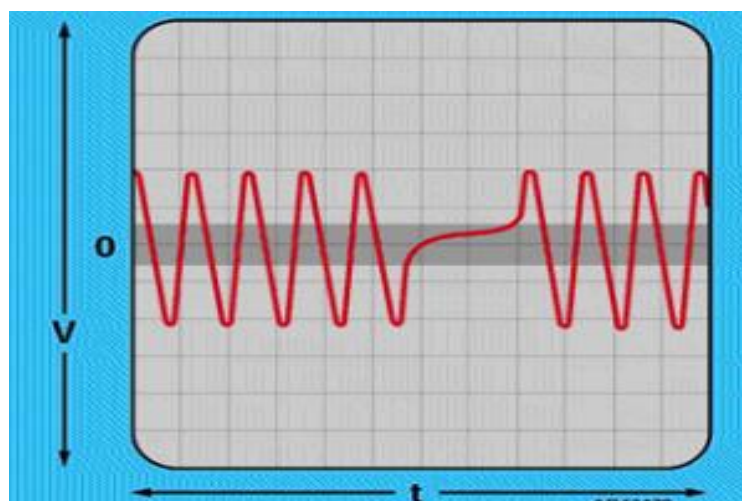


Figura 53. Gráfica señal sensor CKP (Mendez, 2007)

2.9.1.4 Sensor de oxígeno O₂

El sensor de oxígeno es el encargado de generar una señal de voltaje basado en la cantidad de oxígeno en el ducto de escape en comparación con el oxígeno de la atmósfera. El sensor solo generará una señal precisa cuando alcanza una temperatura de operación de 400^o C, para calentarlo rápidamente y mantenerlo caliente el sensor dispone de un calentador interno que es controlado por la ECM. (CISE, 2010, págs. 33,34,35,36)

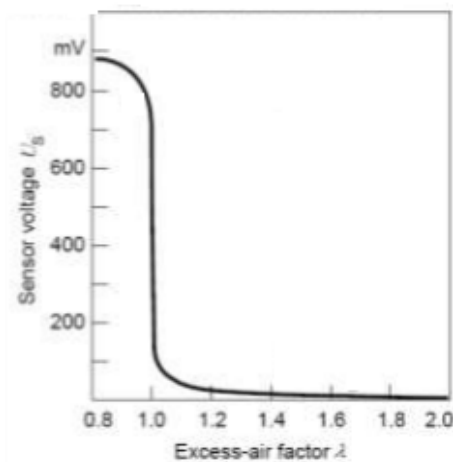


Figura 54. Gráfica señal sensor de oxígeno (Manual Bosch, 2008)

2.9.1.5 Sensor de golpeteo KS

Este sensor está conformado por un elemento piezoeléctrico el cual cuando se deforma por vibraciones en el bloque del motor, genera un voltaje. Este voltaje es enviado a la ECU para que retarde el encendido y de esta manera detener la detonación. (CISE, 2010, pág. 6)

- Número de cables:

2 cables

- Señal.
- Masa sensor

3 cables:

- Señal
- Masa
- Blindaje masa electrónica (Calderón & Luis, 2011)

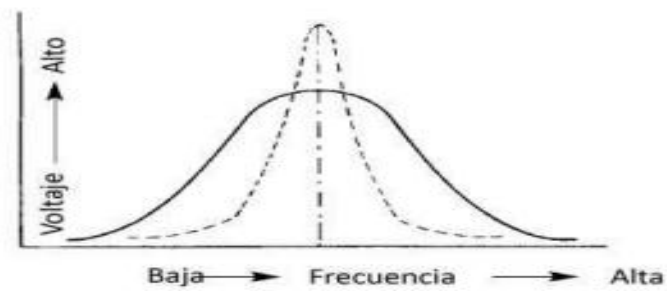


Figura 55. Generación de voltaje del sensor KS

(Boster, Encendido Electronico, 2005)

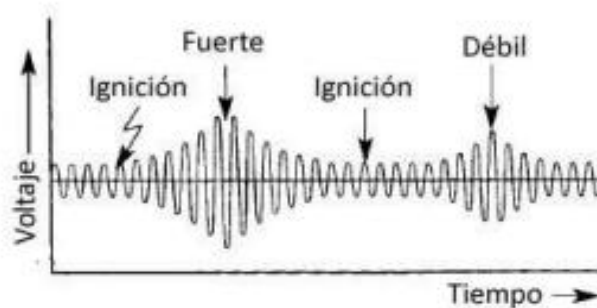


Figura 56. Comportamiento de la señal del sensor KS

(Boster, Encendido Electronico, 2005)

2.9.1.6 Medidor de flujo de masa de MAF

El medidor de masa de aire es un sensor que mide la cantidad de aire que fluye a través de la válvula del acelerador. El ECM utiliza esta información para determinar el tiempo de la inyección del combustible y para proporcionar una relación aire combustible adecuada. Dentro del

conjunto de medidor de masa de aire tiene un hilo caliente de platino, el hilo caliente se mantiene a una temperatura constante en relación con el termistor del circuito de control electrónico. Un aumento del flujo de aire hace que el hilo caliente pierda calor más rápidamente y los circuitos de control electrónico lo compensan enviando una corriente mayor a través del hilo. El circuito de control electrónico al mismo tiempo mide el flujo de corriente y emite una señal de tensión en proporción a el flujo de corriente. (CISE, 2010, págs. 14,15)

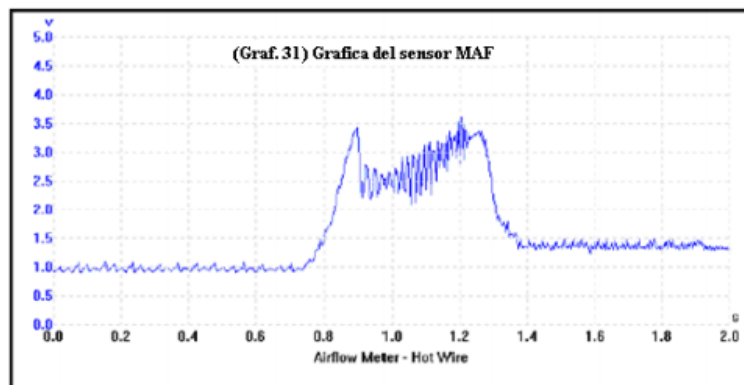


Figura 57. Gráfica señal sensor MAF (Mendez, 2007)

2.9.1.7 Sensor de la presión absoluta del múltiple MAP

El sensor MAP está localizado sobre o unido al ducto de admisión por medio de una manguera de vacío, este sensor utiliza un vacío perfecto como presión de referencia, la diferencia entre la presión de vacío y la presión de admisión cambia la señal de voltaje. En base a la tensión del sensor de vacío el ECM controla la EGR. (CISE, 2010, págs. 27,28)

- Número de cables:

3 cables:

- Voltaje de alimentación

- Señal
- Masa (Calderón & Luis, 2011)

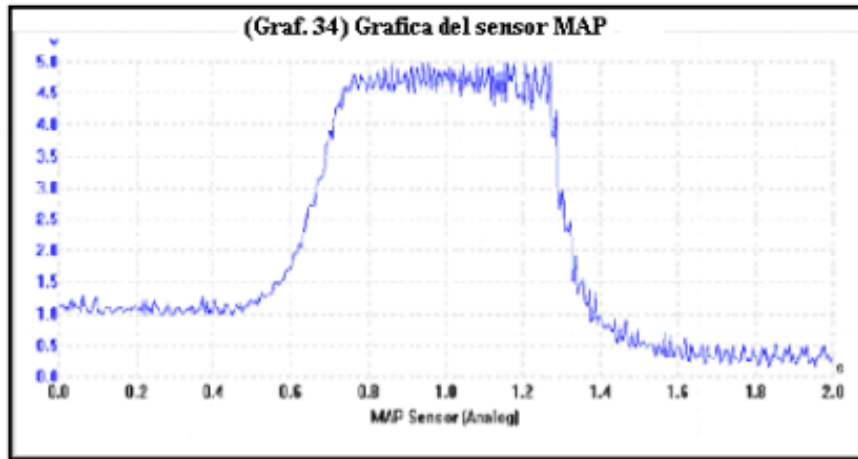


Figura 58. Gráfica señal sensor MAP (Mendez, 2007)

2.9.1.8 Sensor de temperatura del aire de admisión IAT

El sensor IAT montado en el MAF monitorea la temperatura del aire de admisión, este sensor tiene un termistor integrado con una resistencia que varía de acuerdo a la temperatura del aire entrante. Cuando la temperatura del aire de admisión es baja la resistencia del termistor aumenta, cuando la temperatura es alta la resistencia disminuye, estas variaciones de resistencia son transmitidas al ECM como cambios de voltaje.

Este sensor es alimentado por 5 V suministrado del terminal del ECM vía resistor el cual está ubicado dentro del ECM. El resistor y el sensor IAT están conectados en serie, cuando los valores de las resistencias del sensor IAT cambian de acuerdo a la temperatura del aire de admisión, el voltaje del terminal varía. En base a esta señal el ECM aumenta el volumen de inyección de combustible cuando el motor está frío para mejorar la conducción.

- Número de cables:

2 cables:

- Masa.
- Señal.

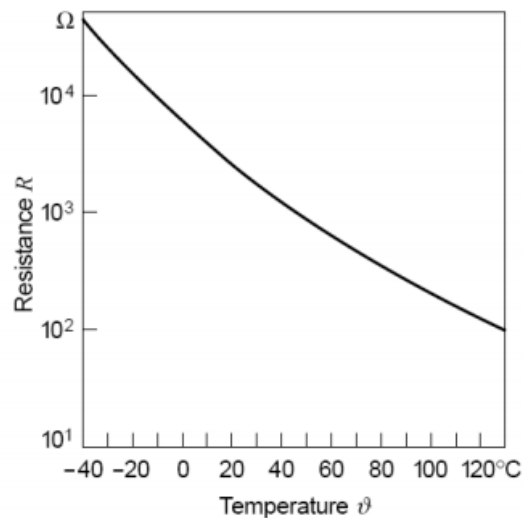


Figura 59. Gráfica señal sensor IAT (Manual Bosch, 2008)

2.9.1.9 Sensor de posición del pedal del acelerador APP

Este sensor se encuentra ubicado en el mismo pedal del acelerador e indica el ángulo del mismo; está conformado por dos potenciómetros fijados al mismo eje por lo que ambos reflejan una salida de señal en concordancia; cuando el pedal se encuentra en reposo y totalmente presionado.

La ECM alimenta los potenciómetros con 5V y reconoce la señal de cada uno de ellos, puesto que el valor de tensión de salida es diferente.

Número de cables:

6 cables:

- Voltaje de referencia (2)
- Señal (2)
- Masa (2) (VOLKSWAGEN, 2005, págs. 10-23)

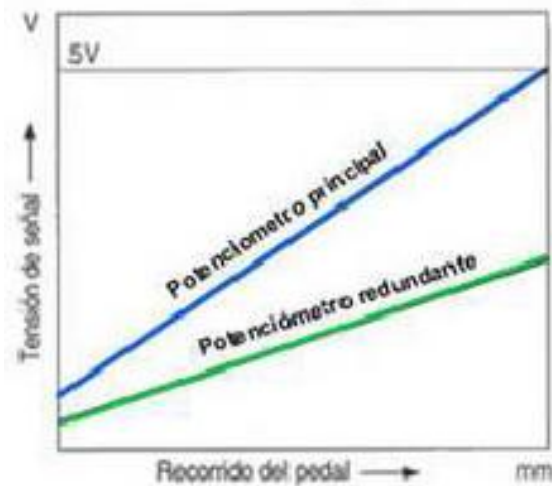


Figura 60. Gráfica señal sensor posición del pedal del acelerador

(Hernandez, 2011, pág. 19)

2.10 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL MOTOR

2.10.1 DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO

2.10.1.1 Motor parado y vehículo en contacto

En este momento solo se encuentra colocada la ignición o bien puede estar el motor prendido con la batería cargada, en cuyo caso en el tablero aparecerá la palabra READY indicándonos que el auto está listo para ser usado, las rpm de MG1 y MG2 serán cero porque no se necesita cargar la batería. (Bentley Publishers, 2008, pág. 12)

2.10.1.2 Motor parado con motor a gasolina

En esta condición el motor esta en parking, se encuentra encendido, pero si se la Ecu HV detecta que la batería estaba baja y que requiere carga, entonces MG1 estará prendido (entre 7000 y 9000 RPM) para poder encender al motor de gasolina y que este ahora convierta al motor MG1 en generador para cargar la batería, en esta condición como no hay movimiento de las ruedas, MG2 se encuentra quieto con cero RPM. (Bentley Publishers, 2008, pág. 13)

2.10.1.3 Vehículo en movimiento

Cuando el vehículo comienza a rodar y encuentra una buena carga de batería y que además no hay una exigencia alta en la aceleración, puede ser movido únicamente por MG2, entonces tendremos positivas rpm en MG2 que nos indica que el auto está en movimiento por acción de este, en tanto que MG1 presentara rpm negativas ya que debe rodar en sentido contrario para que no haga encender el motor térmico. (Bentley Publishers, 2008, pág. 13)

2.10.1.4 Vehículo rodando de manera mixta (motor eléctrico y motor de combustión interna)

En este caso, el conductor hace una exigencia mayor de aceleración, al detectar esto el sistema MG2 ya venía con rpm positivas para mover al auto, pero adicional ahora se debe conectar MG1 con rpm positivas también para poder encender el motor de gasolina y que este a su vez aporte al movimiento y cumpla con el requerimiento de potencia. (Bentley Publishers, 2008, pág. 14)

2.10.1.5 Vehículo en movimiento en retro

Esta es en la única condición en la que el motor MG2 adquiere un valor de RPM negativo ya que el sentido de giro del auto es contrario, por el contrario MG1 toma ahora un valor positivo sin que este cargando la batería ni que este queriendo encender al motor térmico, su valor de rpm es solo por el movimiento mecánico. (Bentley Publishers, 2008, pág. 14)

3 METODOLOGÍA

3.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Para realizar el análisis del motor de combustión interna se tomó como vehículo de prueba al Toyota Prius de tercera generación, fabricado en el año 2010 y cuyas especificaciones del motor son las siguientes:

Tipo de motor: 2ZR-FXE

Número de cilindros: 4 cilindros en línea (Ciclo Atkinson)

Mecanismo de válvulas: 16 válvulas, DOHC con VVT-i

Cilindrada: 1800 cm³

Diámetro y carrera de pistones: 80,5 x 88,3 mm

Relación de compresión 13:1

Potencia máxima: 73/5200 KW/rpm

Torque máximo: 142/4000 Nm/rpm

3.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA ECM

El diagrama eléctrico permitió conocer a que se refiere cada terminal de la ECM, ya que a ella llegan diversas señales sobre el funcionamiento del motor, que son transmitidas por diferentes sensores, las evalúa y calcula los parámetros de funcionamiento para cada actuador. El esquema eléctrico para el Prius 2010 es el siguiente:

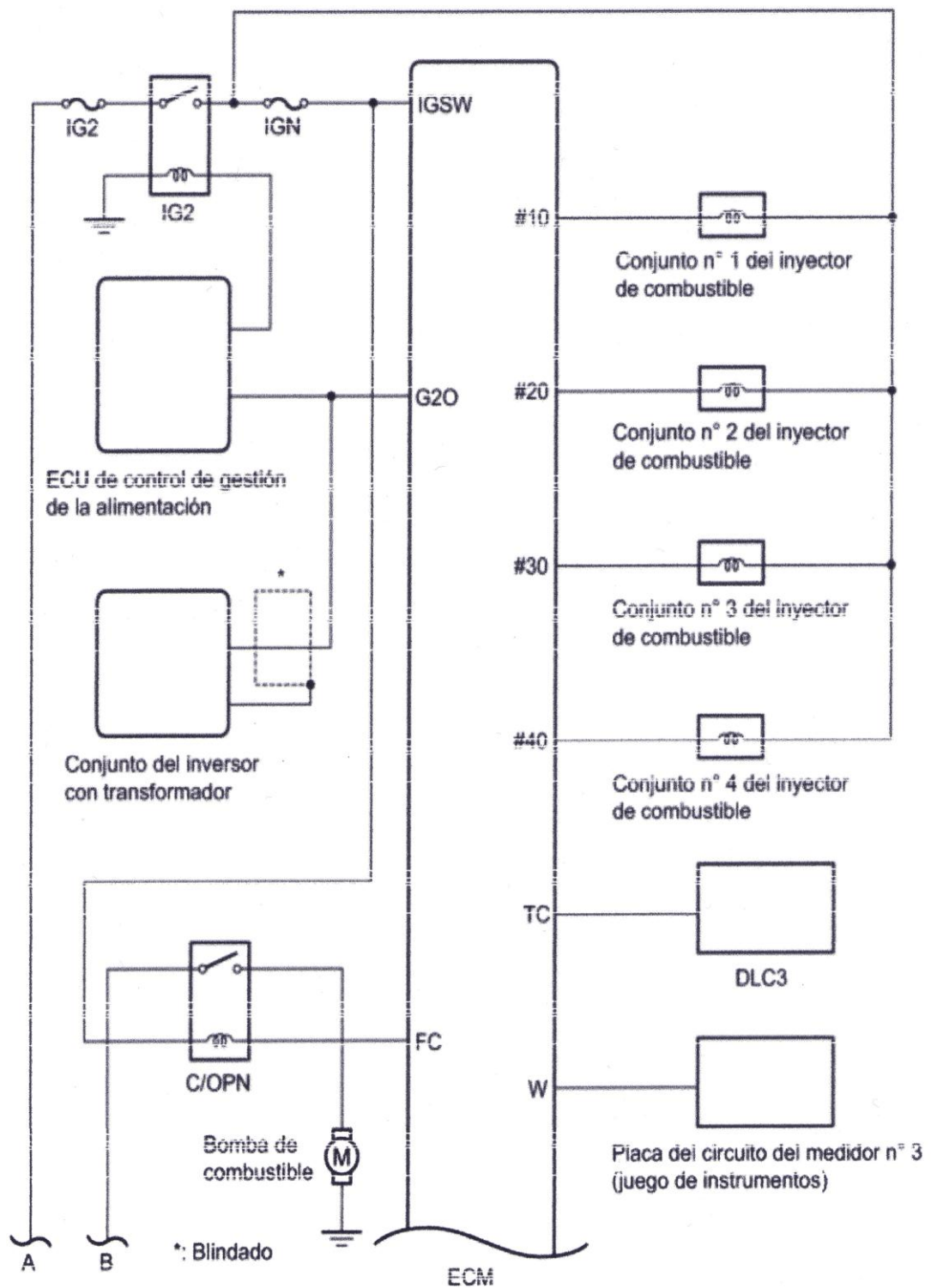


Figura 61. Diagrama ECM parte 1

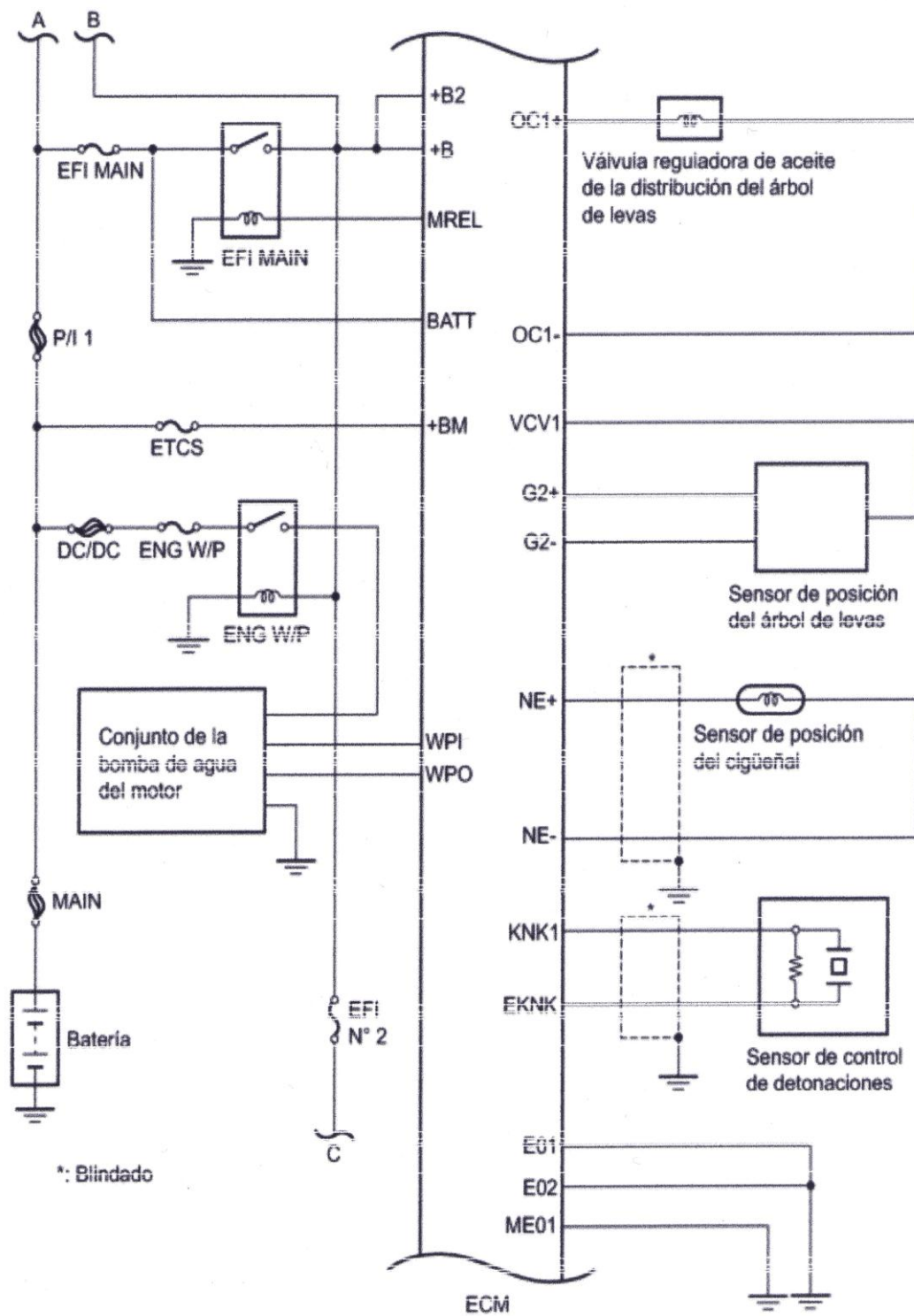


Figura 62. Diagrama ECM parte 2

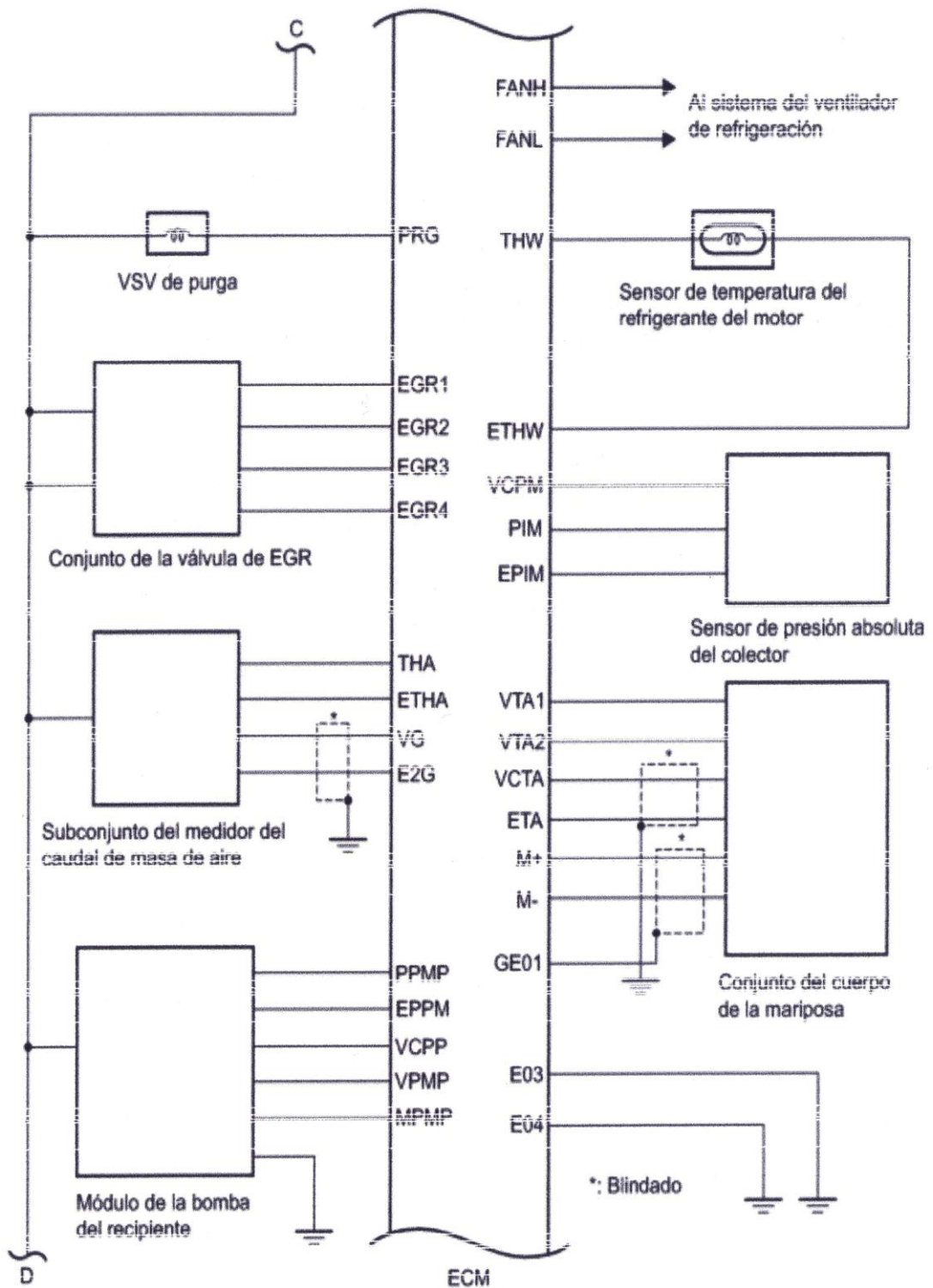


Figura 63. Diagrama ECM parte 3

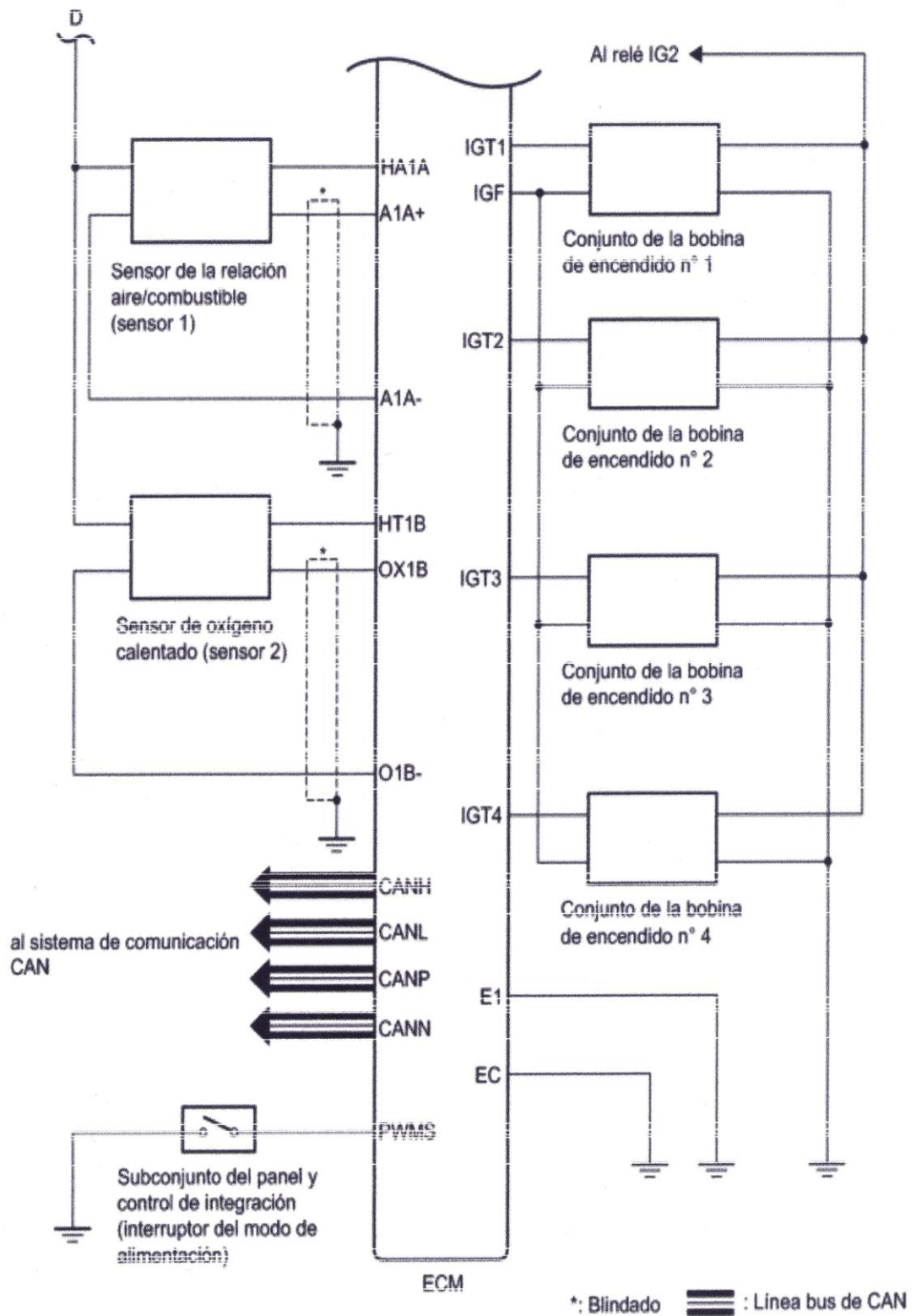


Figura 64. Diagrama ECM parte 4

3.3 DIAGRAMA DE TERMINALES DE LA ECM

Mediante este diagrama podemos ubicar y conocer la descripción de cada terminal para obtener gráficas de funcionamiento y la tensión normal entre cada par de terminales.

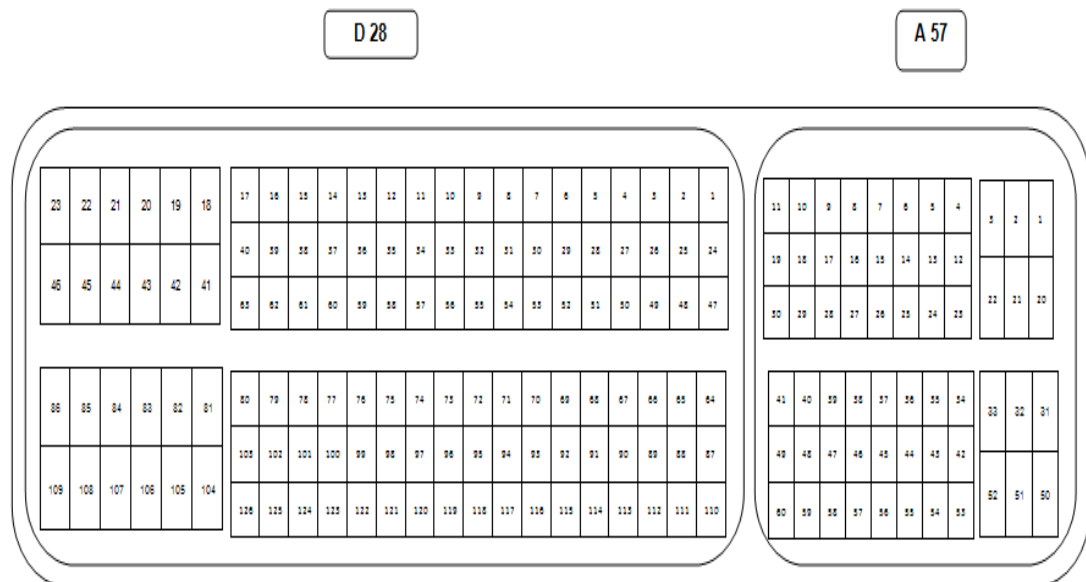


Figura 65. Terminales ECM

Tabla 2. Ubicación de los terminales del ECM

Nº DE TERMINAL	COLOR DEL CABLEADO	DESCRIPCIÓN DEL TERMINAL
A57-20 (BATT) D28-104 (E1)	R-BR	Batería (para medir el voltaje de la batería y para memoria del ECM).
A57-2 (+B) D28-104(E1)	B-BR	Fuente de alimentación del ECM.
A57-3 (+BM) D28-104 (E1)	GR-BR	Fuente de alimentación del actuador de la mariposa.

D28-108 (IGT1) D28-104 (E1)	GR-BR	Conjunto de la bobina de encendido (señal de encendido)
D28-107 (IGT2) D28-104 (E1)	W-BR	
D28-106 (IGT3) D28-104 (E1)	G-BR	
D28-105 (IGT4) D28-104 (E1)	Y-BR	
D28-23 (IGF) D28-104 (E1)	L-BR	Conjunto de la bobina de encendido (señal de confirmación de encendido).
D28-74 (NE+) D28-120 (NE-)	B-W	Sensor de posición del cigüeñal.
D28-48 (G2O) D28-104 (E1)	B-W	Señal del sensor de posición del árbol de levas.
D28-85 (1) D28-109 (E01)	Y-BR	Conjunto del inyector de combustible.
D28-84 (2) D28-109 (E01)	B-BR	
D28-83 (3) D28-109 (E01)	L-BR	
D28-82 (4) D28-109 (E01)	R-BR	
D28-18 (HA1A) D28-46 (E04)	Y-W-B	Calentador del sensor aire/combustible (sensor 1).
D28-103 (A1A+) D28-104 (E1)	Y-BR	Sensor de relación aire/combustible (sensor 1).

D28-126 (A1A-) D28-104 (E1)	BR-BR	Sensor de relación aire/combustible (sensor 1).
D28-41 (HT1B) D28-86 (E03)	BR-BR	Calentador del sensor de oxígeno (sensor 2).
D28-125 (OX1B) D28-102 (O1B-)	L-P	Sensor de oxígeno (sensor 2).
D28-87 (KNK1) D28-110 (EKNK)	B-W	Sensor de control de detonaciones.
D28-64 (THW) D28-65 (ETHW)	P-BR	Sensor de temperatura del refrigerante del motor.
D28-116 (THA) D28-93 (ETHA)	P-BR	Sensor de temperatura del aire de admisión (integrado en el subconjunto del medidor del caudal de masa de aire).
D28-28 (PRG) D28-104 (E1)	V-BR	VSV de purga.
D28-36 (OC +) D28-59 (OC1-)	Y-G	VVT-i
A57-10 (WPO) D28-104 (E1)	L-BR	Conjunto de la bomba de agua del motor.
D28-21 (M+) D28-19 (ME01)	L-BR	Actuador de la mariposa.
D28-20 (M-) D28-19 (ME01)	P-BR	Actuador de la mariposa.
D28-69 (PIM) D28-71 (EPIM)	L-Y	Sensor de presión absoluta del colector.
D28-44 (EGR1) D28-104 (E1)	R-BR	Conjunto de la válvula EGR.

3.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Posee un sistema de refrigeración mixto es decir que es refrigerado simultáneamente por agua y por aire, para ser refrigerado por agua posee una bomba eléctrica ya que el sistema híbrido necesita que se esté refrigerando constantemente al inversor independiente si el motor de combustión interna este prendido o no y para ser refrigerado por aire lo hace mediante un electroventilador.

El rango de temperatura de funcionamiento para el termostato oscila entre los 80 a 84 °C y la presión del radiador es de 93.3-122.7 KPa (15.5-17.8 PSI).

Dentro del sistema de refrigeración se tiene el sensor ECT y para poder obtener la señal que es enviada desde el sensor hacia la ECM se utilizó el siguiente procedimiento:

Un osciloscopio automotriz marca OTC. Este sensor es tipo inductivo posee 2 cables voltaje de referencia y señal, las gráficas son proporcionadas solamente mediante el cable de señal y para identificarlo se utilizó el osciloscopio en la opción multímetro para obtener una lectura del voltaje que envía cada cable cuando el sensor se encuentra conectado y el vehículo con el motor prendido.

El osciloscopio posee un cable con dos salidas una pinza que debe ser conectada a masa y una aguja que debe ser introducida en el cable de señal.

Una vez pinchada correctamente cambiamos a la opción osciloscopio y veremos reflejada en la pantalla la forma de la gráfica y el voltaje correspondiente.

Ubicación: Cabezote del motor

Rango de funcionamiento: Máximo: 3.8V

Mínimo: 0.8V

Tabla 3. Descripción de cables desde el socket del sensor ECT

Número de cables	Color	Motor funcionando	Significado
1	Marrón	1.75V	Señal
2	Rosado	0.7mV	Masa

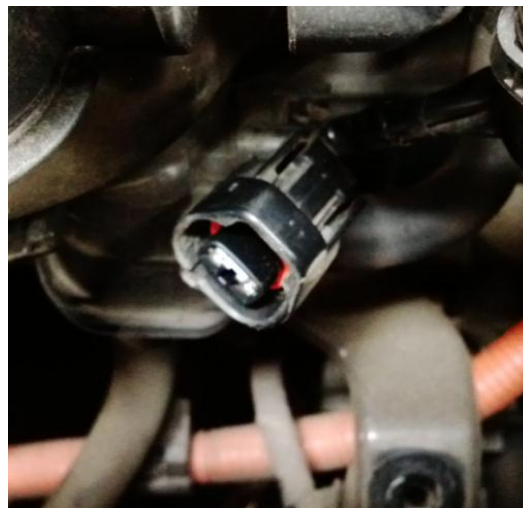


Figura 66. Socket del sensor ECT

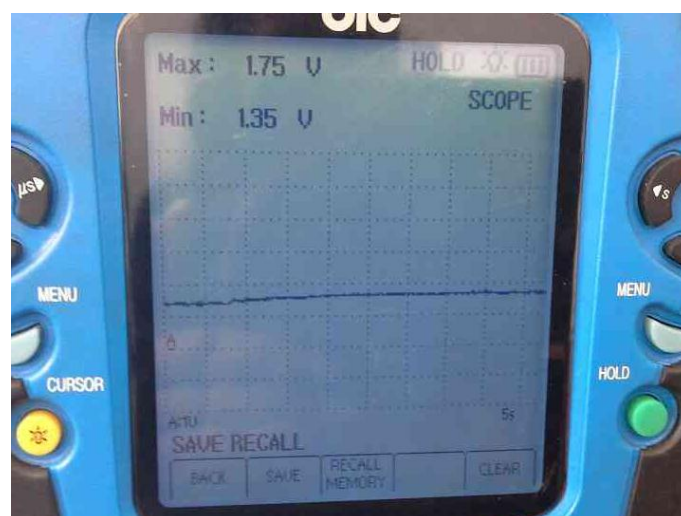


Figura 67. Gráfica de funcionamiento del sensor ECT

Dentro de este sistema se tiene tenemos como actuador a la bomba de agua, la gráfica de funcionamiento se adquirió directamente desde la ECM para esto es necesario ubicar en el diagrama el número del terminal positivo y negativo referente al actuador como se muestra en la Tabla 1. Una vez ubicado se procede a instalar el osciloscopio colocando una aguja en el terminal negativo y otra en el terminal positivo, el estado en el que se debe encontrar el motor, la gráfica y el número de terminales se detallan a continuación:

Ubicación: Block del motor

Estado del motor: Al ralentí con el motor caliente.

Rango del tester: 5V y 20ms por división.

Rango de funcionamiento: Máximo: 10.5V

Mínimo: 0V



Figura 68. Bomba de agua eléctrica

Tabla 4. Descripción cables desde la bomba de agua

Número de cables	Color	Motor funcionando
1	Verde	7.56V
2	Turquesa	14.52V
3	Marrón	0.7mV
4	Azul	0.5V

Tabla 5. Descripción cables desde la ECM de la bomba de agua

Numeración en la ECM		Color
+	A57-10	Gris
-	D28-104	Marrón



Figura 69. Gráfica de funcionamiento de la bomba de agua

3.5 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La lubricación se lo realiza por presión mediante una bomba de aceite y el cárter es de tipo húmedo ya que el aceite vuelve a recolectarse ahí.

El aceite utilizado en el motor es 5W-30 SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices), este es una aceite tipo multigrado, 5W significa la viscosidad a baja temperatura y 30 la viscosidad a alta temperatura.

3.6 SISTEMA DE ENCENDIDO

El sistema de encendido que utiliza es por bobinas tipo COP con módulo incorporado, donde el orden de encendido es 1-3-4-2.

Los sensores que dispone en este sistema son:

Sensor MAP, de igual manera es necesario la utilización del osciloscopio para obtener la gráfica de funcionamiento, este sensor es de efecto Hall por ende posee 3 cables que se describen en la tabla número 4.

Ubicación: En contacto con el múltiple de admisión

Rango de funcionamiento: Máximo: 2.25V

Mínimo: 100mV

Tabla 6. Descripción cables desde el socket del sensor MAP

Número de cables	Color	KOEO socket desconectado(v)	KOEO socket conectado(v)	Significado
1	Celeste	5.02V	5.02V	Voltaje de referencia
2	Amarillo	8.8mV	9.3mV	Masa
3	Negro	4.93V	2.79V	Señal



Figura 70. Sensor MAP

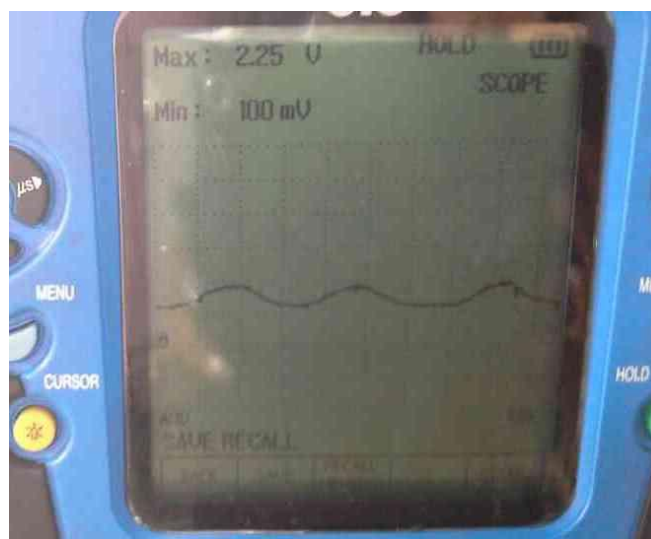


Figura 71. Gráfica de funcionamiento sensor MAP

MAF + IAT, estos sensores se encuentran unidos y funcionan como un solo cuerpo ya que comparten el mismo voltaje de referencia, mediante el uso del osciloscopio se logro obtener las dos gráficas de funcionamiento por separado como se muestra en la figura 70 y 71. La tabla 5 nos describe el significado y voltaje de funcionamiento de cada cable.

Ubicación: Se encuentran en la entrada hacia el depurador.

Rango de funcionamiento IAT: Máximo: 3.1V

Mínimo: 2V

Rango de funcionamiento MAF: Máximo: 1.95V

Mínimo: 1.3V

Tabla 7. Descripción cables desde el socket del sensor MAF e IAT

Número de cables	Color	KOEO socket desconectado(V)	KOEO socket conectado(V)	Significado
1	Negro	0.4mV	0.8V	Señal sensor MAF
2	Blanco	0.6mV	0.4mV	Masa
3	Negro	11.66V	11.62V	Voltaje de referencia
4	Marrón	5.6mV	7.6mV	Masa
5	Rosado	5V	1.84v señal	Señal sensor IAT

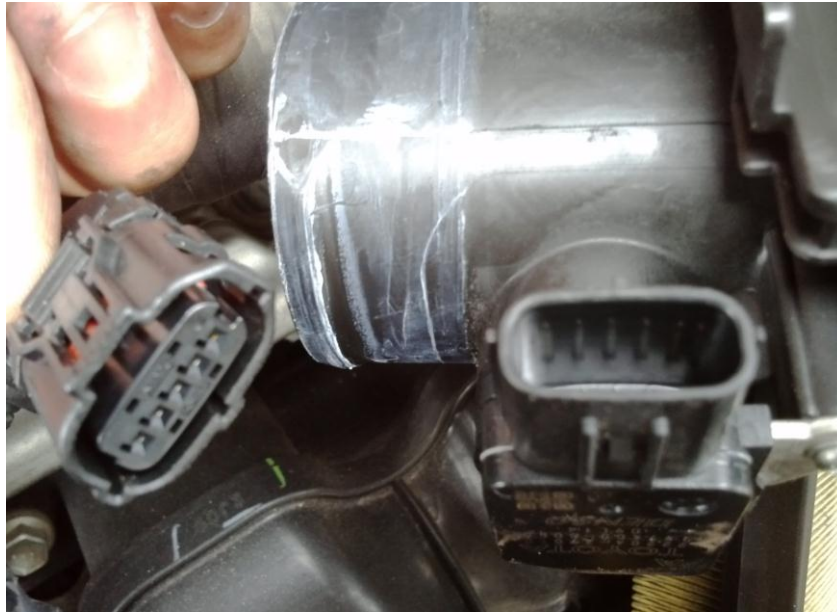


Figura 72. Sensor IAT y MAF

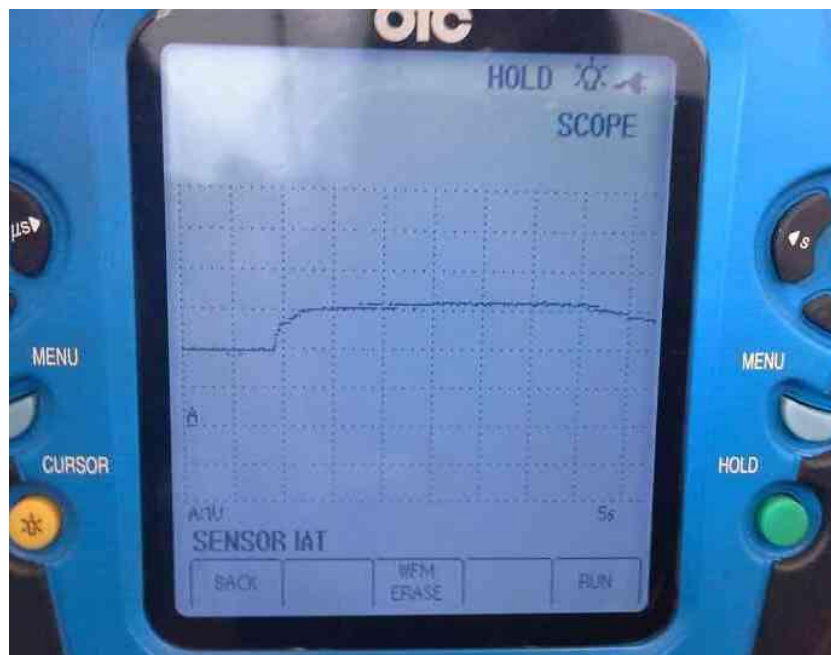


Figura 73. Gráfica de funcionamiento sensor IAT



Figura 74. Gráfica de funcionamiento del sensor MAF

CMP, es un sensor de tipo Efecto Hall que posee 3 cables y que su descripción se detalla en la tabla número 6, para la identificación de cada cable es necesario que se mida el voltaje previamente y para las pruebas se lo realizará en KOEO con el socket conectado y desconectado para comparar la variación de voltajes que se pueden dar.

Ubicación: El cabezote

Rango de funcionamiento: Máximo: 3.95V

Mínimo: 0.8V

Tabla 8. Descripción cables desde el socket del sensor CMP

Número de cables	Color	KOEO socket desconectado(V)	KOEO socket conectado(V)	Significado
1	Negro	5.02V	0.8V	Señal
2	Blanco	0.5mV	9.3mV	Masa
3	Rojo	5.2V	5.2V	Voltaje de referencia



Figura 75. Gráfica de funcionamiento del sensor CMP

A este sistema pertenecen los siguientes actuadores:

Bobina COP, para obtener la gráfica de la bobina fue necesario conectar los dos canales del osciloscopio para poder observar en el canal A la señal de la bobina y en canal B la señal de realimentación como se muestra en la figura 74.

Ubicación: El motor está compuesto por 4 bobinas COP que se ubican en la culata.

Tabla 9. Descripción de cables de la bobina

Número de cables	Color	Motor funcionando	Significado
1	Blanco/Negro	5.9mV	Masa
2	Amarillo	-- (Feedback)	Señal realimentación
3	Azul	4.92V	Señal
4	Negro	14.49V	Voltaje de referencia



Figura 76. Socket bobina COP

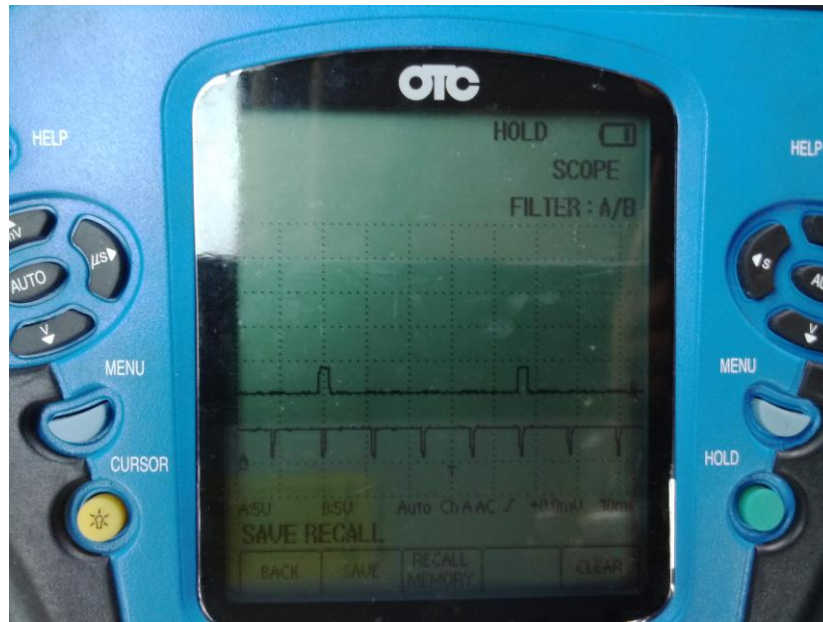


Figura 77. Gráfica señal bobina COP

3.7 SISTEMA DE INYECCIÓN

El Toyota Prius tiene una inyección multipunto de tipo secuencial donde la ECM regula la cantidad de combustible inyectado en relación con la velocidad y temperatura del motor.

Dentro de este sistema se tiene los siguientes sensores:

APP, este sensor posee 6 cables ya que es como si trabajaran 2 sensores TPS en un solo cuerpo, su voltaje varía de acuerdo a la posición del pedal del acelerador como se observa en la tabla número 8.

Ubicación: Parte superior del pedal del acelerador.

Rango de funcionamiento: Máximo: 3.95V

Mínimo: 0V

Tabla 10. Descripción de cables del sensor APP

Número de cables	Color	KOE socket conectado(V)		Significado
		Min.	Máx.	
1	Azul	0.8V	3.26V	Señal
2	Negro	6.1mV	6mV	Masa
3	Amarillo	5V	5V	Voltaje de referencia
4	Blanco	1.5V	3.99V	Señal
5	Anaranjado	5.9mV	5mV	Masa
6	Verde	5V	5V	Voltaje de referencia



Figura 78. Sensor APP

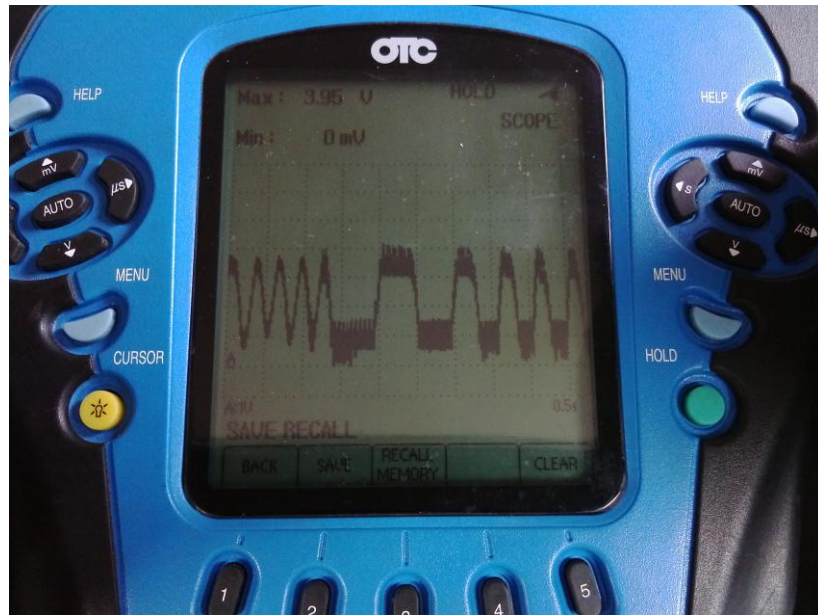


Figura 79. Gráfica sensor APP

KS, la gráfica de funcionamiento de este sensor solo se obtiene si existe golpeteo en el motor. Los cables del osciloscopio tienen que estar conectados en los dos cables del sensor para poder obtener una señal.

Ubicación: Block del motor

Rango de funcionamiento: Máximo: 2.7V

Mínimo: 2V

Tabla 11. Descripción cables sensor KS

Número de cables	Color	KOE socket conectado(V)	Significado
1	Negro	0V	Generador
2	Blanco	0V	Generador

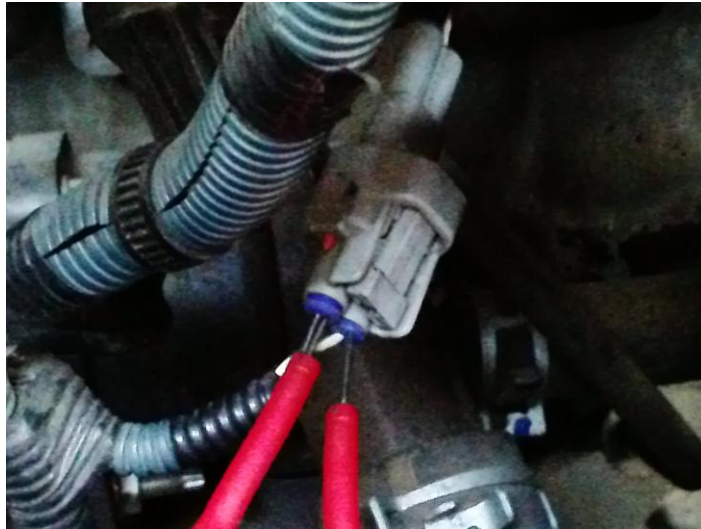


Figura 80. Sensor KS

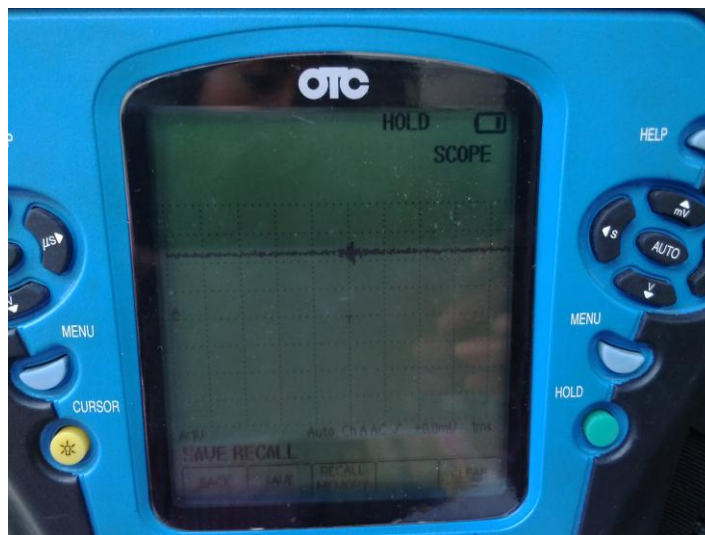


Figura 81. Gráfica sensor KS

En este sistema se tiene los siguientes actuadores:

Inyector, posee 4 inyectores, es decir uno por cada cilindro, para obtener la señal se tomo como muestra al inyector número 1

Ubicación: La culata

Rango de funcionamiento: Máximo: 25V

Mínimo: 12.5V

Tabla 12. Descripción de cables del inyector

Número de cables	Color	Motor funcionando	Significado
1	Negro	14.5V	Voltaje de referencia
2	Amarillo	14.3V	Masa ECM

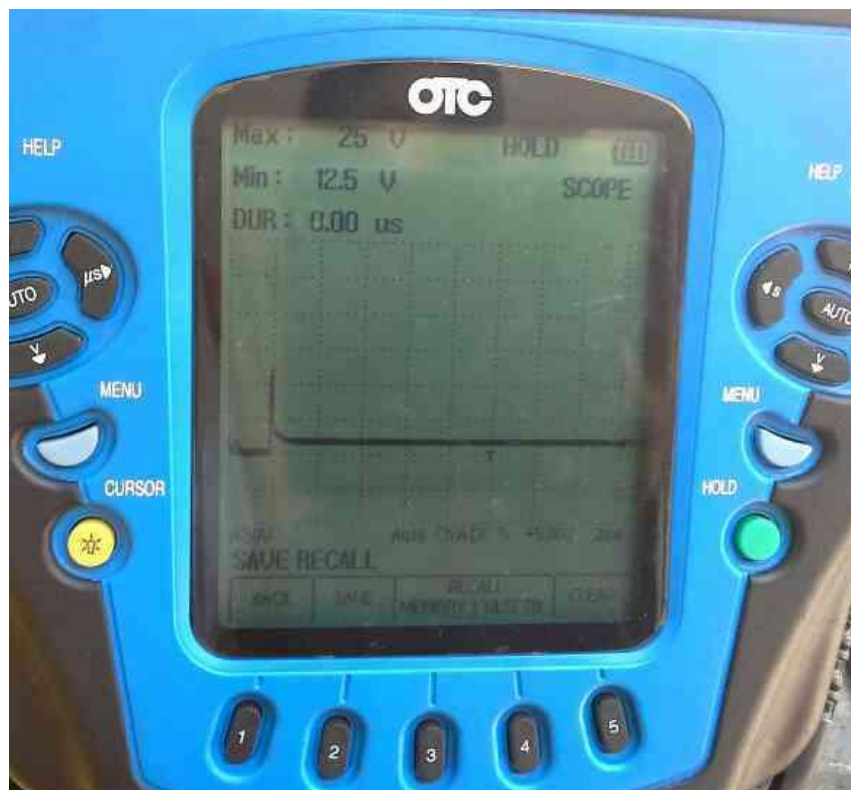


Figura 82. Señal del inyector

TAC, mediante pulsos electrónicos nos permite calcular y controlar la posición de la aleta de aceleración eliminando así la necesidad de utilizar un cable para comandarla, podemos obtener dos señales de la misma condición, como una condición redundante, pero muy segura.

Ubicación: En contacto con el múltiple de admisión

Tabla 13. Descripción de los cables del TAC

Número de cables	Color	Motor funcionando	Significado
1	Amarillo	0.7V	Masa
2	Rojo	5.2V	Señal
3	Negro	2.51V	Señal
4	Verde	9mV	Masa
5	Celeste	14.3V	Voltaje de referencia
6	Rosado	14.3V	Voltaje de referencia



Figura 83. TAC

TAC (Control del actuador de la mariposa)

Terminal positivo del TAC

Estado del motor: Al ralentí y con el motor caliente.

Rango del tester: 5V y 1ms por división.

Rango de funcionamiento: Máximo: 12.5V

Mínimo: 0V

Tabla 14. Terminales del TAC desde la ECM

Numeración		Color
+	D28-21	Celeste
-	D28-19	Marrón



Figura 84. Gráfica terminal positivo TAC

Terminal negativo del TAC

Estado del motor: AL ralentí y con el motor caliente.

Rango del tester: 5v y 1ms por división.

Rango de funcionamiento: Máximo: 14v

Mínimo: 0v

Tabla 15. Terminales del TAC desde la ECM

Numeración		Color
+	D28-20	Gris
-	D28-19	Marrón

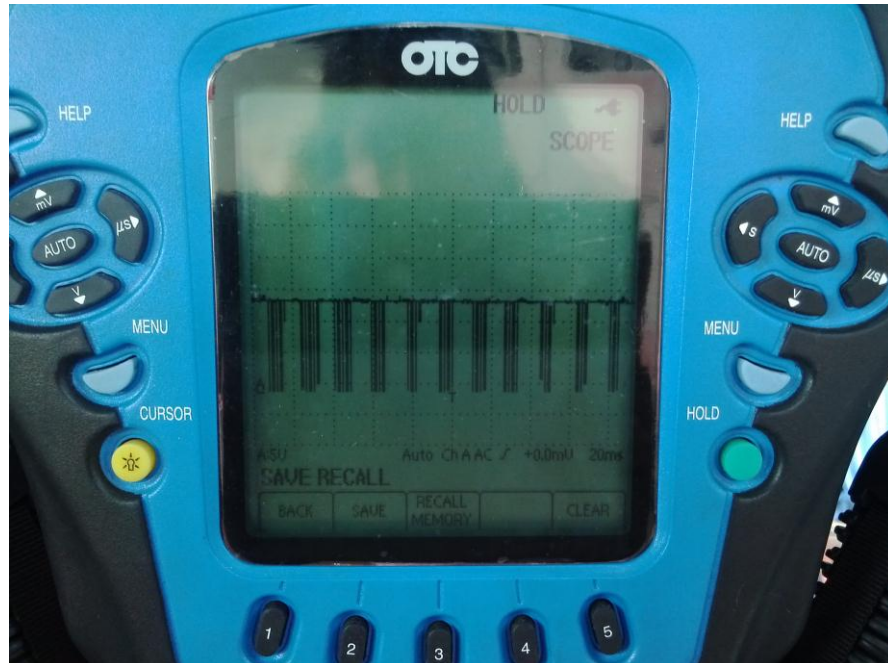


Figura 85. Gráfica terminal negativo TAC

3.8 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Este sistema es DOCH, es decir que posee doble eje de levas uno para controlar las válvulas de admisión y otro para las válvulas de escape. El Prius tiene 16 válvulas, distribuidas 4 por cada cilindro para mejorar el rendimiento del motor.

El tipo de accionamiento para la transmisión de energía mecánica es por cadena.

Tabla 16. Sincronización de válvulas

Sincronización de válvulas	Válvula de escape	Abierta	18°-15° Antes del PMI
		Cerrada	72°-105° Después del PMI
	Válvula de admisión	Abierta	34° Antes del PMS
		Cerrada	2° Después del PMS

El actuador que se encuentra en este sistema es el siguiente:

VVT-i

Ubicación: Cabezote del motor

Estado del motor: AL ralentí.

Rango del tester: 5V y 1ms por división.

Rango de funcionamiento: Máximo: 15V

Mínimo: 0.8V

Tabla 17. Descripción cables VVT-i desde el socket

Número de cables	Color	Motor prendido	Significado
1	Gris	0V	Masa
2	Verde	13.2V	Señal

Tabla 18. Descripción de cables desde la ECM

Numeración		Color
+	D28-36	Amarillo
-	D28-59	Verde



Figura 86. Socket VVT-i

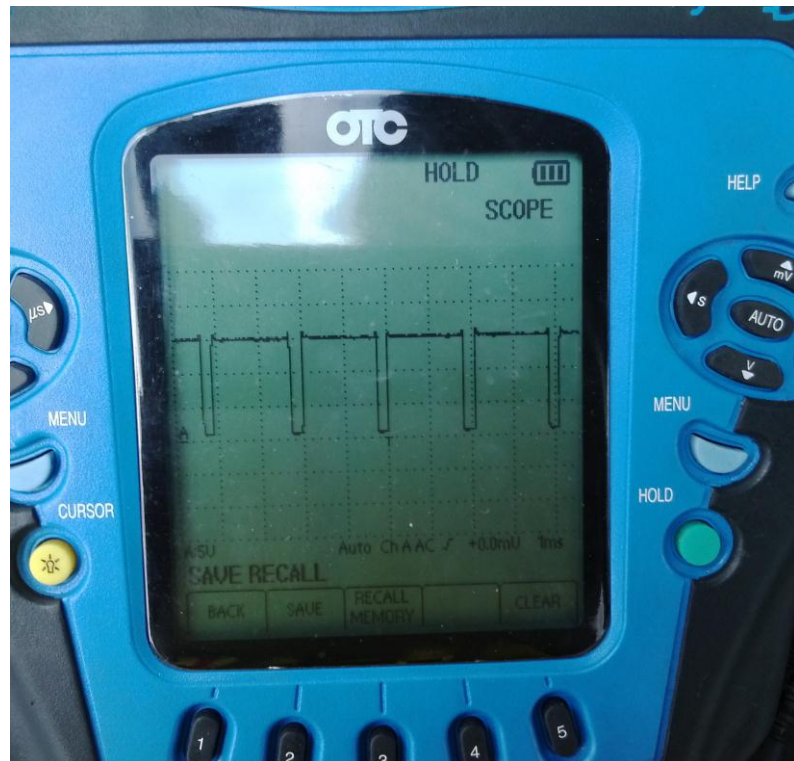


Figura 87. Señal VVT-i

Para un mejor funcionamiento de apertura y cierre de válvulas, se encuentra el siguiente sensor:

a) CKP, este sensor se encuentra ubicado cerca de la polea del cigüeñal, posee dos cables uno de señal y otro de voltaje de referencia, en este caso la señal fue obtenida directamente de la ECM por su difícil acceso al socket del mismo.

Estado del motor: Al ralentí y con el motor caliente

Rango del tester: 5V y 20ms por división

Rango de funcionamiento: Máximo: 7.5V

Mínimo: -7.5V

Tabla 19. Descripción cables CKP desde la ECM

Numeración		Color
+	D28-74	Negro
-	D28-120	Blanco

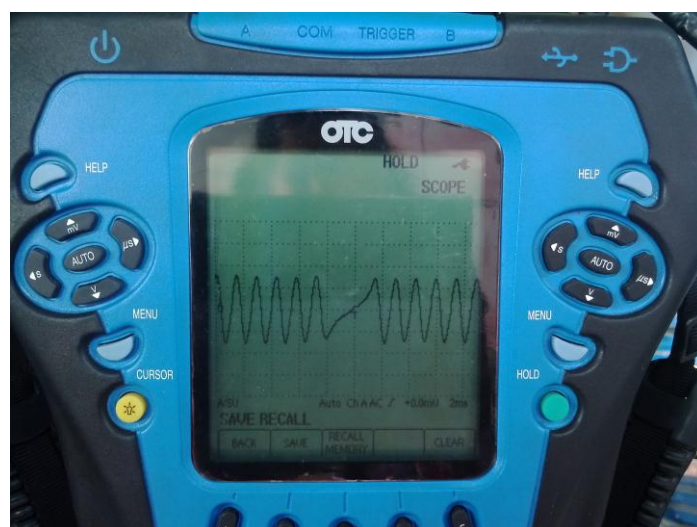


Figura 88. Gráfica señal sensor CKP

3.9 SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES

El sistema de control de emisiones permite tener un mayor control de los gases contaminantes que son expulsados al ambiente y aun más en los autos híbridos donde la emisión de contaminantes es mínima. En el Prius se puede encontrar un catalizador de 3 vías y dos tipos de sensores de oxígeno.

Disponemos de tres sistemas auxiliares: EVAP, EGR, PCV

Sensor de oxígeno 1, este es de tipo banda ancha.

Ubicación: Antes del catalizador

Rango de funcionamiento: Máximo: 3.8V

Mínimo: 3.8V

Tabla 20. Descripción de cables sensor de oxígeno 1

Número de cables	Color	KOEO socket desconectado(V)	KOER socket conectado(V)
1	Negro	14.2V	12V
2	Negro	8.5V	12V
3	Blanco	2.9V	2.9V
4	Azul	3.3V	3.3V



Figura 89. Gráfica de señal sensor de oxígeno 1

Sensor de oxígeno 2, este sensor permite comprobar el correcto funcionamiento del catalizador. La gráfica de este sensor fue obtenida directamente desde la ECM.

Ubicación del sensor: Después del catalizador

Estado del motor: El régimen del motor se mantiene a 2500rpm durante 2 minutos después de calentar el motor.

Rango del tester: 0.2V y 200ms por división.

Rango de funcionamiento: Máximo: 0.4V

Mínimo: 0V

Tabla 21. Descripción cables sensor de oxígeno 2 desde la ECM

Numeración		Color
+	D28-125	Celeste
-	D28-102	Gris

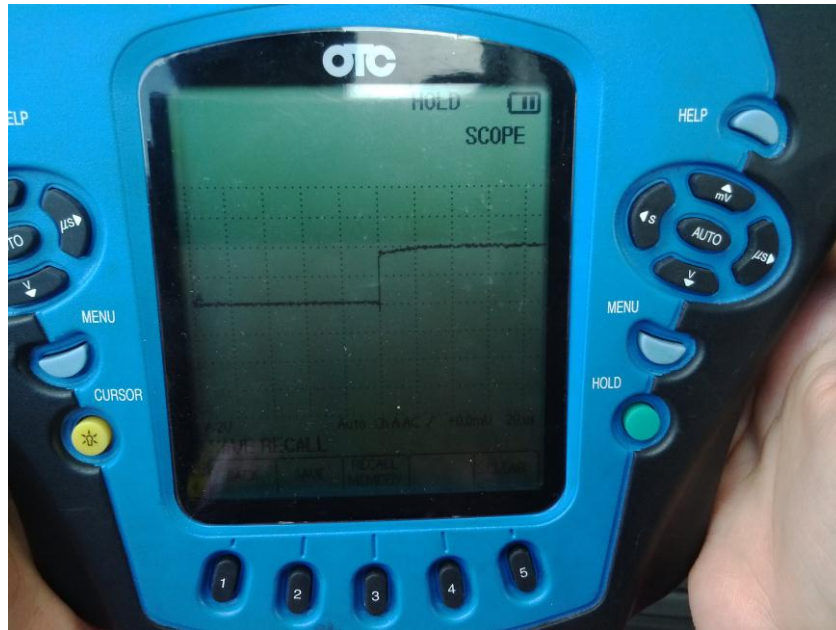


Figura 90. Señal del sensor de oxígeno 2

EGR

Ubicación: En contacto con el múltiple de escape

Estado del motor: Al ralentí y con el motor caliente.

Rango del tester: 20V y 50ms por división.

Rango de funcionamiento: Máximo: 40V

Mínimo: 0V

Tabla 22. Descripción de cables EGR desde la ECM

Numeración		Color
+	D28-44	Verde
-	D28-104	Marrón

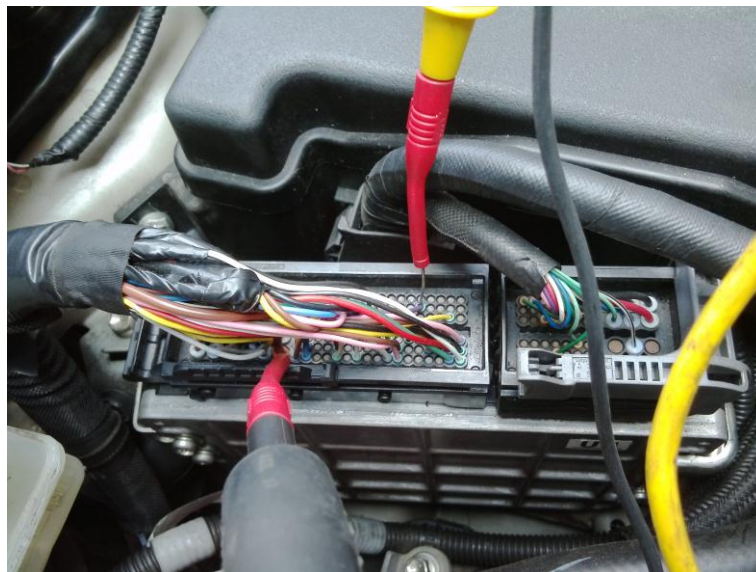


Figura 91. Conexión de cables desde la ECM

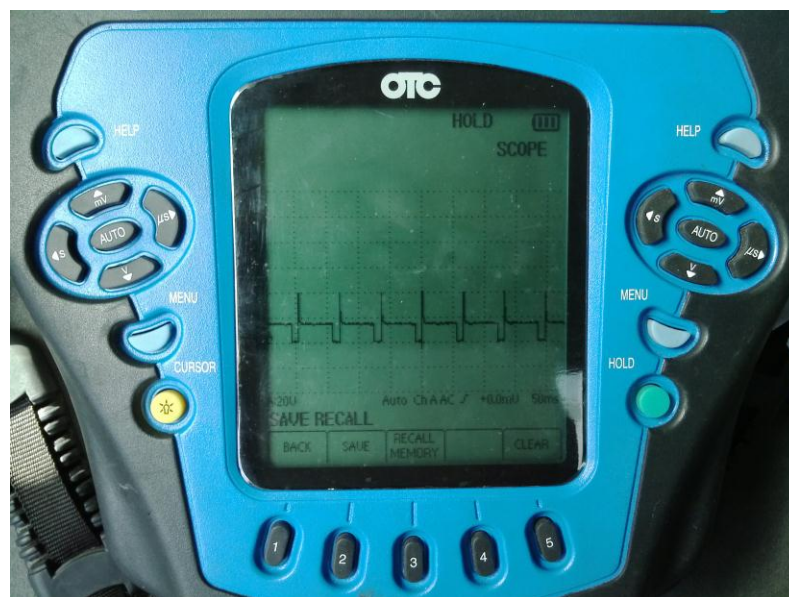


Figura 92. Señal EGR

Tabla 23. Descripción de cables del socket EGR

Número de cables	Color	Motor funcionando (V)
1	Violeta	14.3V
2	Negro	14.3V
3	Vede	14.3V
4	Amarillo	14.3V
5	Negro	14.3V
6	Rojo	0.2V



Figura 93. Socket EGR

VSV de purga

Estado del motor: Al ralentí.

Rango del tester: 10V y 20ms por división.

Rango de funcionamiento: Máximo: 40V

Mínimo: 0V

Tabla 24. Descripción cables VSV desde la ECM

Numeración		Color
+	D28-28	Violeta
-	D28-104	Marrón

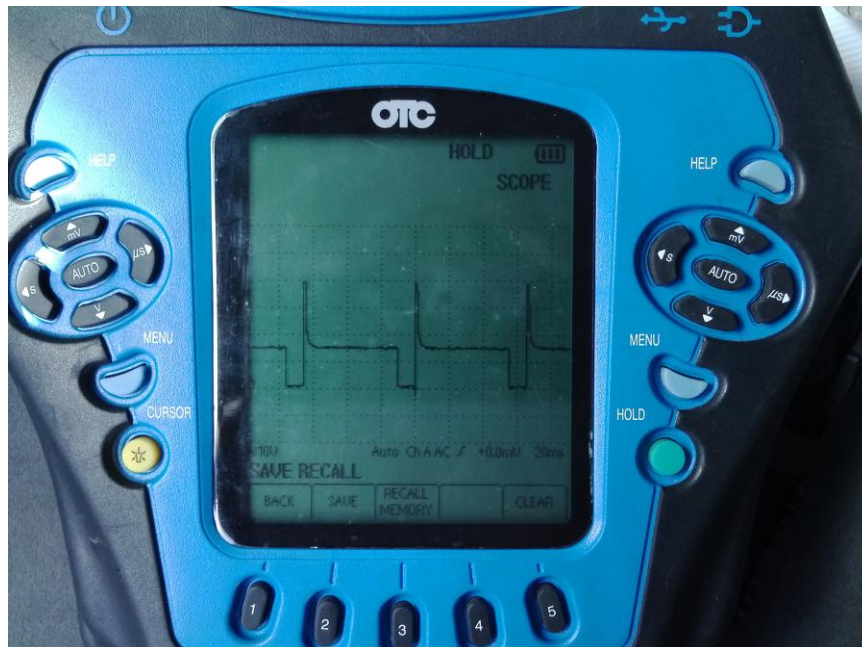


Figura 94. Señal VSV

3.10 SISTEMA DE ARRANQUE

El motogenerador 1 es el encargado de transmitir la fuerza motriz necesaria para arrancar al motor de combustión interna cuando así lo crea necesario la ECU HV. Para demostrar el trabajo que realiza MG1 se procedió a desarmar la transmisión donde podemos detallar los principales componentes:

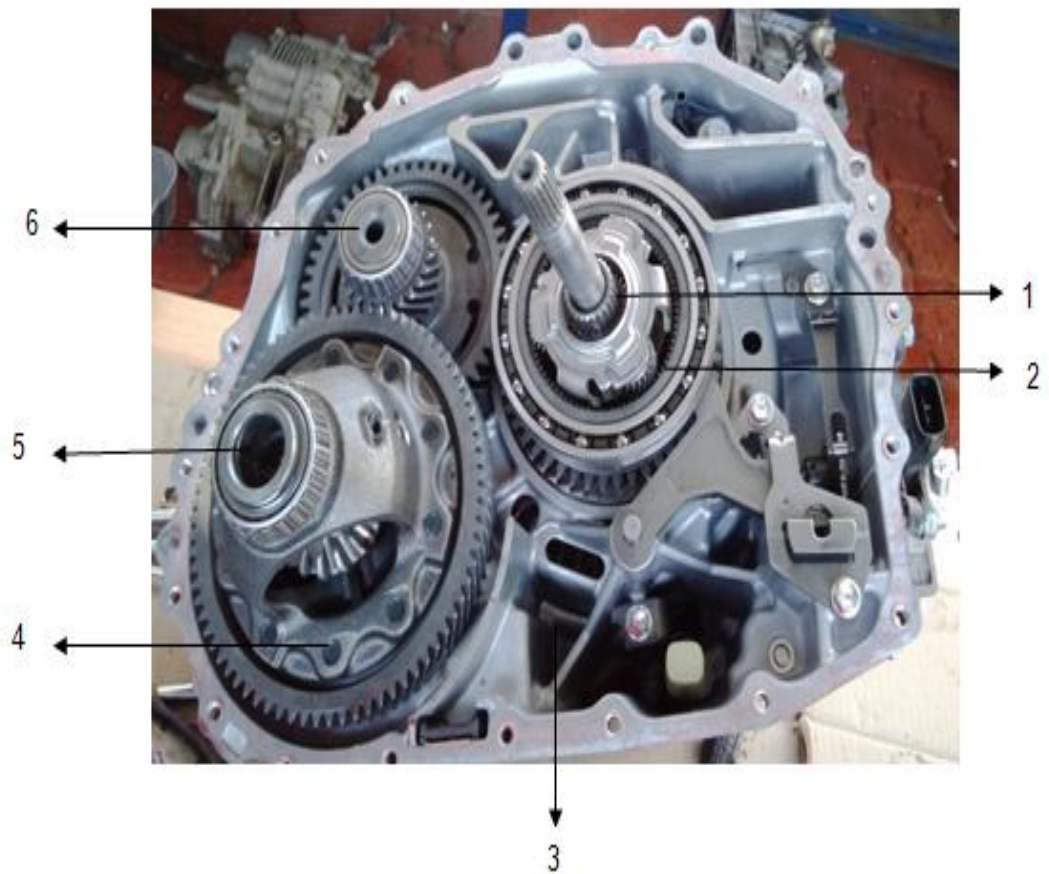


Figura 95. Sistema de arranque

1. Eje principal
2. Corona dentada
3. Bandeja de recolección de aceite
4. Engranaje de mando final
5. Tercer eje
6. Segundo eje

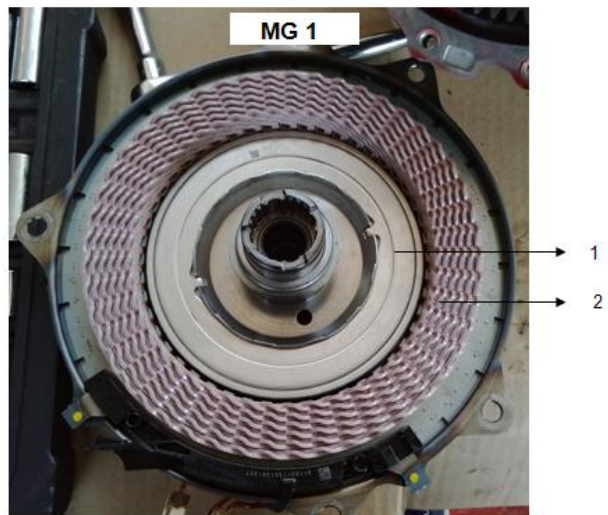


Figura 96. Motogenerador

1. Rotor con imán permanente
2. Estator

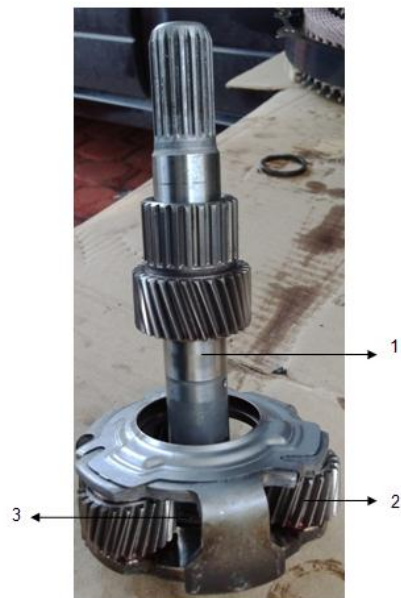


Figura 97. Eje principal

1. Engranaje solar
2. Satélite
3. Porta satélite

El tren epicíclico distribuye la fuerza motriz del motor de dos maneras: una para accionar las ruedas y la otra para accionar MG1, de forma que MG1 pueda funcionar como un generador y sus partes están conectadas de la siguiente manera:

Tabla 25. Conexión de los elementos para transmitir fuerza motriz

ELEMENTO	CONEXIÓN
Engranaje solar	MG1
Corona dentada	Engranaje compuesto a las ruedas
Soporte	Eje de salida del motor

Cuando la ECU HV envía una señal a MG1 para que de arranque al motor, se envía corriente eléctrica al estator, el campo magnético generado por el rotor consigue que este se frene permitiendo trabar al engranaje solar para transmitir fuerza motriz a través de él al soporte y luego al eje de accionamiento que finalmente transmitirá fuerza al volante de inercia y de este modo permite encender al motor de combustión interna a través del eje principal. Una vez que el MCI esta encendido la fuerza motriz se transmite al engranaje solar para activar MG1 como generador de corriente eléctrica para cargar a las baterías.

3.11 PRUEBA A BORDO CON SCANNER

Los parámetros de trabajo para el funcionamiento del motor se los consiguió mediante una prueba a bordo para ello se condujo una distancia de 700m en bajada y subida en la calle Bernardo de Legarda limitada por la calle

Machala y Maliarte al Norte de la ciudad de Quito como lo indica la figura 98, esta prueba se realizó a 3 diferentes velocidades 20km/h, 40km/h y 60km/h.

Esta ruta fue escogida debido a la ausencia de semáforos, rompevelocidades, señalización vertical y poca circulación de vehículos entre 13h00-14h00 en este tramo lo que permitió mantener la velocidad programada en un 90% del total de la longitud de la ruta. Además estas condiciones permitieron no tener tiempos muertos porque el recorrido se lo pudo realizar sin tener que detener el vehículo.



Figura 98. Mapa de ruta de subida y bajada

Por último se realizó una tercera prueba en recta con un recorrido total de 4.8km en la Avenida Mariscal Sucre, limitada por las calles Bernardo de Legarda y Edmundo Carvajal en el Norte de la ciudad de Quito como lo indica la figura 99 a velocidades de 20km/h, 40km/h y 60km/h.

Se escogió esta ruta debido a que el tráfico era inexistente a la hora que se ejecutó la prueba entre las 14h15-15h00, los puntos muertos de tiempo

fueron pocos porque se encuentran un total de 3 semáforos en toda la ruta lo que permitió mantener la velocidad establecida en un 80% como mínimo. Es una vía con inclinación de aproximadamente 0° en un 70% del total de la longitud de la ruta.

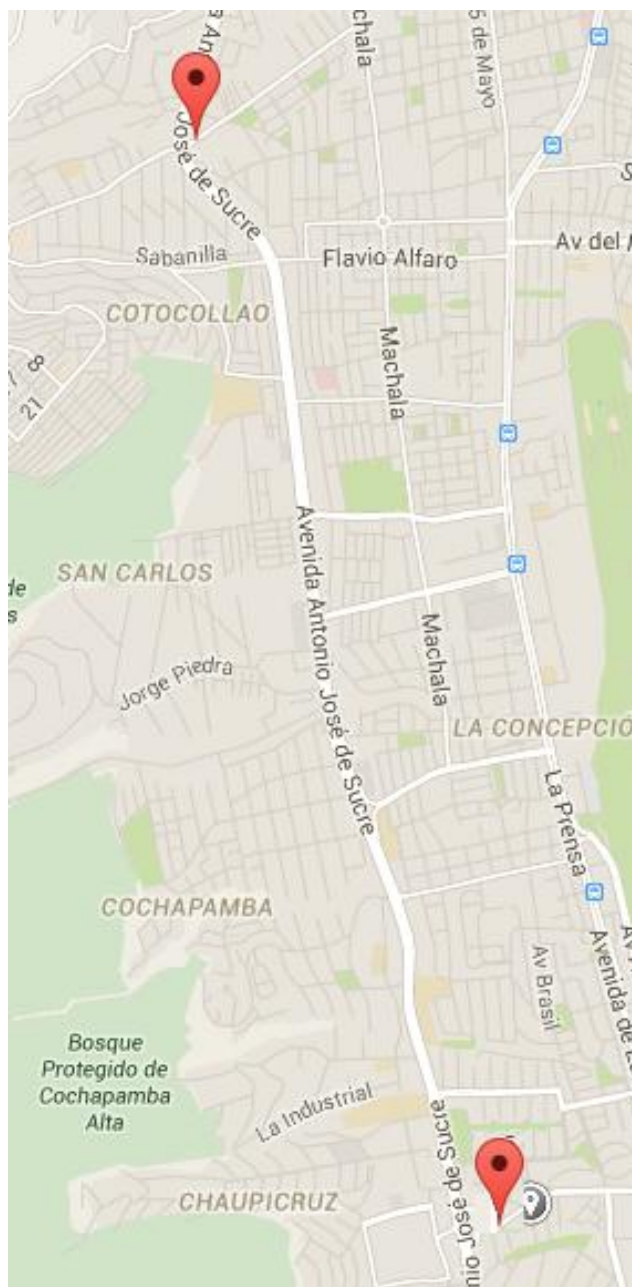


Figura 99. Mapa de ruta en recta

Un scanner automotriz multimarca fue utilizado en esta prueba, el cual debe ser conectado en todo el trayecto al conector OBD II que está ubicado en la parte inferior del lado del conductor.

Para dar inicio a la prueba a bordo se colocó el vehículo en koeo y con el escáner conectado para poder acceder a la información del motor que es proporcionada por la ECM. Posteriormente se encendió el vehículo y se emprendió la prueba de ruta.

3.11.1 PRUEBAS A BORDO EN RUTA DE 15° DE INCLINACIÓN

En esta ruta se realizó 3 pruebas en subida y 3 en bajada a tres diferentes velocidades. Entonces los resultados establecidos para estas 6 pruebas son los siguientes:

Tabla 26. Datos de ruta en subida

PRUEBAS EN SUBIDA			
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Inclinación de pendiente	15°	15°	15°
Distancia de la pendiente	700m	700m	700m
Tiempo realizado	2min 10s	1min 7s	45s
Velocidad del vehículo	20km/h	40km/h	60km/h
Hora	1:00pm	1:15pm	1:30pm
Tráfico	inexistente	inexistente	inexistente
Semáforos	0	0	0
Clima	soleado	soleado	soleado

Tabla 27. Datos de ruta en bajada

PRUEBAS EN BAJADA			
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Inclinación de pendiente	15°	15°	15°
Distancia de la pendiente	700m	700m	700m
Tiempo realizado	2min 8s	1min 6s	44s
Velocidad del vehículo	20km/h	40km/h	60km/h
Hora	1:45pm	2:00pm	2:15pm
Tráfico	inexistente	inexistente	inexistente
Semáforos	0	0	0
Clima	soleado	soleado	soleado

A continuación se indica los datos obtenidos con el equipo escáner tanto en las pruebas de subida y bajada:

Prueba 1 subida 20km/h

Tabla 28. Datos obtenidos en el escáner en subida a 20km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	92.5	91.4	92.2	92.03
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	9.73	9	10	9.58
Presión del colector de admisión (PSI)	9	9	9	9
Temperatura del aire de admisión (°C)	35	34	33	34
Presión atmosférica (PSI)	11	11	11	11
Revoluciones del motor (rpm)	1525	1438	1568	1510

Ángulo del acelerador (%)	25.5	25.1	25.9	25.5
Sensor de oxígeno (V)	0.74	0.74	0.74	0.74
Motor eléctrico (rpm)	2300	2300	2300	2300
Consumo de combustible (ml)	0.020	0.019	0.019	0.019
Tiempo de inyección (ms)	4.815	4.950	4.910	4.892
Par motor (Nm)	74	96	80	83.3
Capacidad de la batería HV (%)	35.69	34.9	35.69	35.43
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	88	88	89	88
Potencia del motor (Kw)	16.50	18.50	16.75	17.25

Prueba 2 subida 40km/h

Tabla 29. Datos obtenidos en el escáner en subida a 40km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	93.3	89.4	92.2	92.03
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	12.42	15.62	16.3	14.78
Presión del colector de admisión (PSI)	10	10	10	10
Temperatura del aire de admisión (°C)	38	37	36	37
Presión atmosférica (PSI)	11	11	11	11
Revoluciones del motor (rpm)	2203	2305	2344	2284
Ángulo del acelerador (%)	27.8	27.8	28	27.9
Sensor de oxígeno (V)	0.83	0.83	0.83	0.83
Motor eléctrico (rpm)	2725	2725	2725	2725

Consumo de combustible (ml)	0.031	0.032	0.032	0.031
Tiempo de inyección (ms)	5.537	6.970	7.012	6.506
Par motor (Nm)	82	79	92	84.3
Capacidad de la batería HV (%)	57.3	60.2	61.5	59.8
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	88	88	89	88
Potencia del motor (Kw)	31.50	30.50	30.50	30.83

Prueba 3 subida 60km/h

Tabla 30. Datos obtenidos por el escáner en subida a 60km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	92.5	91.8	92.3	92.2
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	18.02	22	21.9	20.34
Presión del colector de admisión (PSI)	9	9	9	9
Temperatura del aire de admisión (°C)	38	37	38	37.7
Presión atmosférica (PSI)	11	11	11	11
Revoluciones del motor (rpm)	3272	3189	3063	3175
Ángulo del acelerador (%)	32.2	34.1	33.8	33.4
Sensor de oxígeno (V)	0.76	0.76	0.76	0.76
Motor eléctrico (rpm)	292	3350	3132	3135
Consumo de combustible (ml)	0.026	0.030	0.028	0.028
Tiempo de inyección (ms)	7.244	7.380	7.292	7.305
Par motor (Nm)	88	90	91	89.7
Capacidad de la batería HV (%)	51.3	54	52.8	52.7

Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	89	89	89	89
Potencia del motor (Kw)	51.25	51.81	52.04	51.7

Prueba 4 bajada 20km/h

Tabla 31. Datos obtenidos con el escáner en bajada a 20km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	0	0	0	0
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	0.20	0.18	0.20	0.19
Presión del colector de admisión (PSI)	10	10	10	10
Temperatura del aire de admisión (°C)	44	44	44	44
Presión atmosférica (PSI)	11	11	11	11
Revoluciones del motor (rpm)	0	0	0	0
Ángulo del acelerador (%)	15.7	15.7	15.7	15.7
Sensor de oxígeno (V)	0.15	0.15	0.15	0.15
Motor eléctrico (rpm)	0	0	0	0
Consumo de combustible (ml)	0	0	0	0
Tiempo de inyección (ms)	0	0	0	0
Par motor (Nm)	0	0	0	0
Capacidad de la batería HV (%)	83	85	83	84
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	89	89	89	89
Potencia del motor (Kw)	0	0	0	0

Prueba 5 bajada 40km/h

Tabla 32. Datos obtenidos con el escáner en bajada a 40km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	0	0	0	0
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	0.20	0.25	0.22	0.22
Presión del colector de admisión (PSI)	10	10	10	10
Temperatura del aire de admisión (°C)	43	45	43	43.7
Presión atmosférica (PSI)	11	11	11	11
Revoluciones del motor (rpm)	0	0	0	0
Ángulo del acelerador (%)	16.1	16.1	16.1	16.1
Sensor de oxígeno (V)	0.1	0.11	0.09	0.1
Motor eléctrico (rpm)	0	0	0	0
Consumo de combustible (ml)	0.004	0.004	0.004	0.004
Tiempo de inyección (ms)	0	0	0	0
Par motor (Nm)	0	0	0	0
Capacidad de la batería HV (%)	79	78	79	78.7
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	89	89	89	89
Potencia del motor (Kw)	0	0	0	0

Prueba 6 bajada 60km/h

Tabla 33. Datos obtenidos con el escáner en bajada a 60km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	0	0	0	0
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	0.20	0.21	0.20	0.20
Presión del colector de admisión (PSI)	10	10	10	10
Temperatura del aire de admisión (°C)	42	43	40	42
Presión atmosférica (PSI)	10	11	11	10.7
Revoluciones del motor (rpm)	0	0	0	0
Ángulo del acelerador (%)	13.7	16.1	16.1	15.3
Sensor de oxígeno (V)	0.12	0.12	0.12	0.12
Motor eléctrico (rpm)	2825	2800	2810	2820
Consumo de combustible (ml)	0.020	0.019	0.019	0.019
Tiempo de inyección (ms)	0	0	0	0
Par motor (Nm)	0	0	0	0
Capacidad de la batería HV (%)	87.8	86.5	87.3	87.2
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	88	88	89	88
Potencia del motor (Kw)	0	0	0	0

3.11.2 PRUEBAS A BORDO EN RUTA PLANA $\approx 0^\circ$ DE INCLINACIÓN

En esta ruta se realizó 3 pruebas en recta a tres diferentes velocidades las mismas que se mantuvieron como en las pruebas de bajada y subida para poder relacionar el comportamiento del motor. Entonces los resultados establecidos para estas 3 pruebas son los siguientes:

Tabla 34. Datos de ruta en recta

PRUEBAS EN RECTA			
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Pendiente	$\approx 0^\circ$	$\approx 0^\circ$	$\approx 0^\circ$
Distancia de la pendiente	4,8 km	4,8 km	4,8 km
Tiempo realizado	12min	9min 15s	7min 30s
Velocidad del vehículo	20km/h	40km/h	60km/h
Hora	2:30pm	2:45pm	3:00pm
Tráfico	inexistente	inexistente	inexistente
Semáforos	0	0	0
Clima	templado	templado	templado

A continuación se indica los datos obtenidos con la utilización del equipo escáner a lo largo de la ruta en plano:

Prueba 7 en plano 20km/h

Tabla 35. Datos obtenidos con el escáner en recta a 20km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	0	0	0	0
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	0.20	0.20	0.20	0.20

Presión del colector de admisión (PSI)	10	10	10	10
Temperatura del aire de admisión (°C)	55	56	56	55.7
Presión atmosférica (PSI)	10	10	10	10
Revoluciones del motor (rpm)	0	0	0	0
Ángulo del acelerador (%)	16.1	16.1	16.1	16.1
Sensor de oxígeno (V)	0.83	0.83	0.83	0.83
Motor eléctrico (rpm)	0	0	0	0
Consumo de combustible (ml)	0.014	0.014	0.014	0.014
Tiempo de inyección (ms)	0	0	0	0
Par motor (Nm)	0	0	0	0
Capacidad de la batería HV (%)	85.3	79.9	78.8	81.3
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	88	88	89	88
Potencia del motor (Kw)	0	0	0	0

Prueba 8 en plano 40km/h

Tabla 36. Datos obtenidos con el escáner en recta a 40km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	58.8	0	0	19.6
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	0.79	0.20	0.20	0.39
Presión del colector de admisión (PSI)	10	10	10	10

Temperatura del aire de admisión (°C)	51	56	57	54.7
Presión atmosférica (PSI)	10	10	10	10
Revoluciones del motor (rpm)	969	0	0	232
Ángulo del acelerador (%)	13.7	16.1	16.1	15.3
Sensor de oxígeno (V)	0.56	0.82	0.85	0.74
Motor eléctrico (rpm)	0	0	0	0
Consumo de combustible (ml)	0.015	0.015	0.015	0.015
Tiempo de inyección (ms)	2.395	2.395	2.395	2395
Par motor (Nm)	0	0	0	0
Capacidad de la batería HV (%)	35.6	77.4	82.6	65.2
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	90	89	89	89.3
Potencia del motor (Kw)	0	0	0	0

Prueba 9 en plano 60km/h

Tabla 37. Datos obtenidos con el escáner en recta a 60km/h

Número de pruebas	1	2	3	Promedio
Valor carga del motor (%)	86.7	90.6	97.3	91.53
Cantidad de aire de admisión (g/seg)	18.85	7.04	38.54	21.48
Presión del colector de admisión (PSI)	10	10	10	10
Temperatura del aire de admisión (°C)	41	48	38	42.3

Presión atmosférica (PSI)	10	10	10	10
Revoluciones del motor (rpm)	3554	1307	3943	2934
Ángulo del acelerador (%)	28.2	25.9	82.4	45.5
Sensor de oxígeno (V)	0.82	0.82	0.80	0.81
Motor eléctrico (rpm)	0	2425	2825	1750
Consumo de combustible (ml)	0.022	0.009	0.022	0.017
Tiempo de inyección (ms)	5.617	1.677	8.959	5.417
Par motor (Nm)	76	47	58	61.3
Capacidad de la batería HV (%)	35.69	40.9	45.69	40.76
Voltaje de la batería (V)	14.3	14.3	14.3	14.3
Temperatura del refrigerante (°C)	91	91	91	91
Potencia del motor (Kw)	0	19.75	33.25	17.67

3.12 CÓDIGOS DE FALLA QUE PUEDEN PRESENTARSE

Al realizar las diferentes pruebas en el vehículo se obtuvieron varios códigos de falla del motor que se detallan a continuación:

- P0102 Circuito de flujo de entrada de masa de aire baja
- P0108 Presión absoluta del colector baja

Estos códigos de falla se produjeron al desconectar el depurador, al primer y segundo arranque el auto prendió normalmente, posteriormente se encendió el check engine y el vehículo ya no dio arranque.

- P0113 Circuito de entrada de temperatura de admisión alta

- Cuando se desconectó el sensor IAT, la ECM envió este código ya que detecto que la temperatura del aire de admisión fue de 20°C y el vehículo ya no prendió al tercer arranque.
- P0121 Problema en el rendimiento del Switch “A” del sensor de posición del acelerador
- P2135 Circuito del switch “A”/”B” del sensor del pedal del acelerador en similitud de voltaje
- P2122 Circuito del switch “D” del sensor del pedal del acelerador bajo
- P2127 Circuito del switch “E” del sensor del pedal del acelerador bajo
- P2138 Circuito del switch “D”/”E” del sensor del pedal del acelerador en similitud de voltaje

Estos DTC se originaron al desconectar el sensor APP, el vehículo solo se podía conducir con el sistema híbrido y a velocidad baja.

- P0352 Bobina de encendido N° 2 circuito primario y secundario

El código de falla se originó al desconectar la bobina de encendido, el motor prendió normalmente por 2 minutos y luego la ECM procedió a cortar el suministro de combustible.

- P0403 Circuito de recirculación de gases de escape

El vehículo proporcionó este DTC cuando se desconectó la EGR, el funcionamiento del motor fue normal ya que la ECM considera que la válvula está cerrada.

- P261C Circuito “B” de control de la bomba de refrigerante bajo

El código de falla se originó al desconectar la bomba de agua, el motor de combustión interna funcionaba normalmente, una vez que la temperatura del

refrigerante alcanzó los 105°C el motor se detuvo y solo se podía conducir con el sistema híbrido.

- P0343 Circuito "A" del sensor de posición del árbol de levas alto

El auto dio este DTC cuando se desconectó el sensor CPM, el funcionamiento y arranques posteriores del motor se produjeron normalmente.

- P0A0F Fallo en el encendido del motor

El código de falla se obtuvo al intentar dar arranque cuando en el motor se encontraba desconectado el depurador, el sensor IAT, una bobina o un inyector.

- P0010 Circuito "A" del actuador de posición del árbol de levas

El vehículo dio el código de falla al desconectar el VVT-i, el motor funcionó normalmente.

- P0328 Circuito del sensor de detonación baja

El DTC se produjo al desconectar el sensor KS y la ECM fijó el ajuste del encendido al máximo retardo para evitar el golpeteo, funcionamiento del motor normal.

3.13 SEÑAL DE COMUNICACIÓN CAN

La señal de referencia que envía la ECM hacia una red común, llamada red CAN permite la comunicación entre diferentes ECU del vehículo y para poder observarla se utilizó el osciloscopio con dos canales logrando reflejar en el primer canal la señal positiva y en el otro la señal negativa o de confirmación.

Las puntas del osciloscopio tienen que hacer contacto con los terminales del conector OBD II, el número 6 para CAN high y el número 14 para CAN low, las puntas restantes tienen que hacer masa en cualquier parte del automotor.

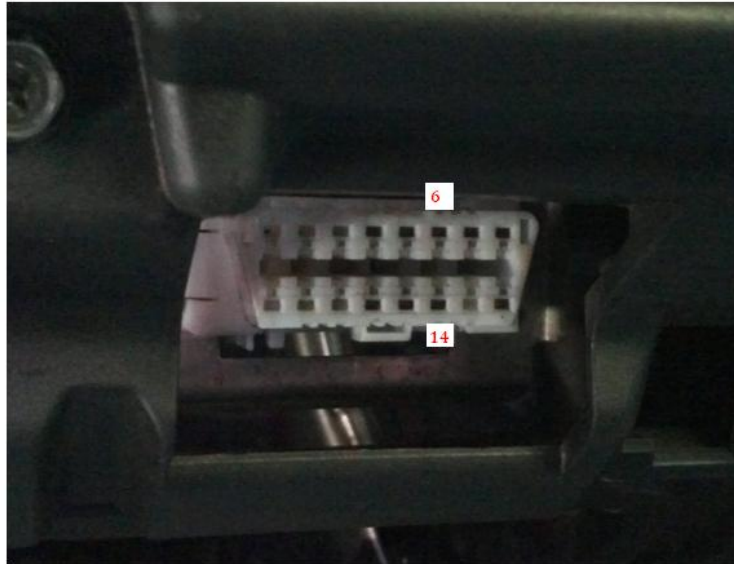


Figura 100. Conector OBD II

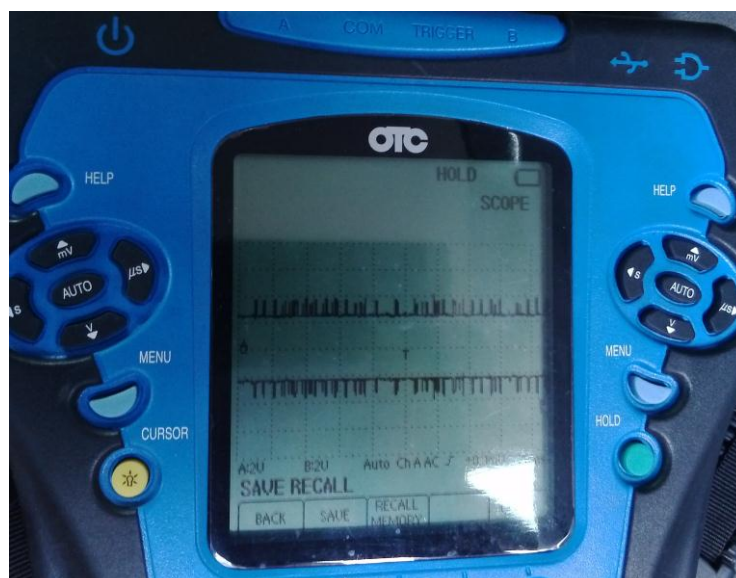


Figura 101. Gráfica señal CAN high y CAN low

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Como se puede observar en la figura 64, la ECM tiene 4 salidas de protocolos de comunicación CAN dos de ellas se pueden ubicar en el terminal 6 y 14 del conector, donde se observa el CAN high y CAN low, estos números de terminales se estandarizaron en el año 1996 en todos aquellos vehículos que tengan OBD II, mientras que las otras dos salidas de comunicación CAN posiblemente son utilizadas para identificar de igual manera CAN high y CAN low pero por el escáner original de Toyota.
- Cuando el motor de combustión interna está encendido no necesariamente existe movimiento en las ruedas, puesto que al moverse el motor y estar frenada la corona por medio de la posición de parqueo que es solidaria a MG2, la única posibilidad de movimiento es para MG1 que actúa como un generador para cargar a las baterías.
- Si el vehículo se encuentra detenido y en la posición de parqueo y la carga de la batería se encuentra baja, MG1 arrancará automáticamente al motor de combustión.
- Cuando el vehículo comienza a moverse, el motor de combustión interna arrancará solo si la carga a la que está sometido el auto es alta independientemente de las condiciones de la batería HV.
- Si el motor de combustión interna está encendido, MG2 también puede estar trabajando para generar movimiento y ayudar al vehículo a moverse, este caso se puede dar en pendientes muy pronunciadas, fuertes aceleraciones o altas velocidades.
- Cuando se realizó la prueba a bordo en el vehículo se obtuvo varios valores a diferentes velocidades, se observa que al circular a velocidades bajas y medias, mientras la capacidad de la batería sea inferior al 65%, el motor estará funcionando y su carga dependerá del

esfuerzo que realice en ese momento, ya sea por una aceleración brusca o por pendientes pronunciadas.

- Si la carga de la batería es superior al 65% y no existe una aceleración brusca el motor se apagará, ya que el vehículo puede ir en modo eléctrico hasta que el porcentaje de la batería baje nuevamente.
- A velocidades altas, con apertura del acelerador superior al 75%, y con la batería cargada el vehículo se moverá mediante el motor de combustión interna más el motor eléctrico trabajando conjuntamente.
- El APP está comunicado directamente a la ECU HV y no a la ECM ya que necesita tomar estos valores para comunicar a las diferentes ECU del vehículo y tomar decisiones de si encender o no los motogeneradores.
- En una bajada y con la utilización constante del freno o con la palanca de cambios en la posición B (brake), la batería se cargara gracias al funcionamiento de los frenos regenerativos.
- Como se puede observar en la tabla 11, el voltaje obtenido en los dos terminales es de cero, ya que el sensor KS solo funciona cuando existe una vibración fuerte en el motor ya que este sensor es un generador.
- Como se puede observar en la figura 86 el voltaje del sensor de oxígeno de tipo banda ancha no varía, ya que este tipo de sensor hace la medición de la cantidad de oxígeno en los gases de escape mediante corriente (mA) generada al intentar mantener el valor de lambda igual a 1,0.
- La EGR se complementa con la switch de la válvula de vacío (VSV) ya que es la encargada de inhibir la operación de la EGR cuando la

ECM así lo indique, la EGR permite recircular pequeñas cantidades de gases de escape en el múltiple de admisión para disminuir el Óxido de Nitrógeno. Es así que la EGR no siempre está funcionando como en el arranque inicial del motor, ralentí y una aceleración total. Solo realiza flujo de gases durante bajas velocidades, velocidad crucero y aceleraciones de medio rango.

- Al medir la tensión en el socket de la EGR se obtuvo resultados de 14.3V en 5 cables de ellos y en uno de ellos de 0.2V como se muestra en la tabla 22, al obtener el mismo voltaje es imposible definir a que se refiere cada uno de ellos esto ocurre porque la EGR funciona como un motor paso a paso que constantemente está colocando y quitando voltaje para poder cerrar y abrir el paso de los gases de escape al múltiple de admisión.
- El resultado obtenido al medir el voltaje en los cables del inyector cuando el motor se encontraba funcionando como se muestra en la tabla 12 se debe a que al estar la ECU poniendo y quitando masa en cuestión de mili segundos es imposible ver reflejado el voltaje exacto en cada cable.
- Al relacionar los valores obtenidos en las pruebas de subida como lo muestran las tablas 28, 29 y 30, se observa que las revoluciones del motor aumentan a medida que incrementa la velocidad, al igual que la cantidad de aire que entra al colector de admisión y el par motor.
- En una subida el motor de combustión interna está funcionando constantemente y la batería suministra electricidad para el movimiento de MG2 logrando aumentar la potencia y velocidad.
- Los valores obtenidos en la tabla 31, 32 y 33 de las pruebas en ruta realizadas en bajada muestran que el motor está apagado todo el tiempo ya que al estar cargada la batería en un alto porcentaje no es

necesario que el motor de combustión interna encienda debido a que el vehículo es movido únicamente por MG2.

- En la prueba a bordo en plano se obtuvo variación de resultados por ser una ruta más larga y compleja, es poco probable obtener valores similares aún con condiciones de manejo iguales, esto se debe a que el funcionamiento del motor de combustión interna depende del estado de la batería, la velocidad a la que se maneje, condiciones de carretera, entre otras.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se ejecutó una investigación de los sistemas y componentes principales del motor de combustión interna para entender su funcionamiento.
- Se realizó pruebas con la utilización de un escáner automotriz para demostrar su eficiencia.
- Mediante un osciloscopio se determinó los parámetros de funcionamiento de sensores y actuadores.
- Para medir la tensión de sensores y actuadores desde la ECM es necesario guiarse en una tabla de descripción de terminales para poder ubicar el número exacto, posteriormente la tensión debe ser comparada con el rango de funcionamiento para determinar si existe fallos.
- La señal de onda del sensor CKP y CMP se reduce a medida que aumenta las revoluciones del motor.
- La forma de la onda CAN varía en función de la señal de comunicación, y por cada onda de CAN high existe una onda de CAN low.
- En la señal de la bomba del motor la longitud de la onda se reduce a medida que la velocidad de la bomba aumenta.
- Los motogeneradores MG1 y MG2 están unidos de forma mecánica a través de la unidad de engranaje compuesta.

- El inversor es el encargado de transformar la corriente continua que viene de la batería en 3 fases de corriente alterna, logrando así transformar 200V en 600V.
- Todas las ECU del vehículo están comunicadas a través del Bus de datos.
- La bomba de agua siempre se encuentra funcionando porque es la encargada de enfriar al MCI y al inversor.
- MG1 actúa de dos maneras para transmitir fuerza motriz o como generador para cargar a la batería híbrida.

5.2 RECOMENDACIONES

- Antes de manipular cualquier elemento es necesario tomar las precauciones adecuadas para evitar cualquier accidente, ya que un auto híbrido maneja altos amperajes.
- Se recomienda el uso de un escáner automotriz para verificar el estado de sensores, actuadores y otros elementos ya que es muy útil para detectar señales o estados intermitentes sin la necesidad de extraer ninguna pieza o de tocar algún cableado.
- Se recomienda obtener voltajes y señales de cada sensor y actuador del vehículo desde su socket, ya que algunos se obtuvieron directamente desde la ECM por su difícil acceso.
- Si el vehículo se coloca en estado de alerta mientras se conduce lo más factible es estacionarse en un lugar seguro y apagarlo para no ocasionar problemas graves en algún elemento, hasta tener un diagnostico acertado.

BIBLIOGRAFÍA

"Cristobal de Monroy" Dpto Tecnología. (2011). Motores térmicos. La refrigeración .

Amaguaya, & Cachupud. (2011). Análisis del funcionamiento del motor híbrido del vehículo Toyota Prius . Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo .

Ariza, W. (27 de Octubre de 2014). SENA. Recuperado el 27 de 02 de 2015, de www.sena.edu.co

Artés, D. (01 de 09 de 2012). Motores de gasolina de ciclo Atkinson. Recuperado el 10 de 10 de 2013, de Cultura General : <http://www.tecmovia.com>

Ayala, D. (2013). Sistema de encendido Cop. Chimborazo : Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

Behr Hella. (2013). Refrigeración del vehículo. Madrid: Berh Hella Service .

Bentley Publishers. (2008). Toyota Prius. Estados Unidos: Bentley Publishers.

Biblioteca virtual Luis Angél Arango. (2008). Sistema de control de emisiones. Recuperado el 10 de 11 de 2013, de Biblioteca virtual: <http://www.banrepcultural.org>

Blasco, V. (2011). Geocities. Recuperado el 11 de 2013, de www.geocities.ws

Borgwarmer. (2009). BorgWarmer. Recuperado el 30 de 11 de 2013, de <http://www.beru.com>

Bosch. (2012). Bosch. Recuperado el 02 de 12 de 2013, de <http://www.bosch.com.ar>

Bosch. (2005). Manual de la técnica del automóvil. Alemania: Bosch.

Bosch. (08 de 2008). Sistema de inyección electrónica. Recuperado el 10 de 02 de 2014, de

http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Inyecci%C3%B3n/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n.pdf

Bosch. (2010). Sistemas de encendido . Manuales autodidacticos . Bosch.

Boster, B. (2005). Encendido electronico. Recuperado el 8 de 11 de 2013, de <http://www.encendidoelectronico.com>

Boster, B. (2005). Encendido Electronico. Recuperado el 08 de 01 de 2014, de Encendido Electronico: <http://www.encendidoelectronico.com>

Calderón, J., & Luis, C. (2011). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 01 de 02 de 2014, de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1334/3/65T00024.pdf>

Cardenas, & Kaslin. (11 de 2006). Sistemas de encendido. Caracterizacion tecnológica del parque automotor en el distrito metropolitano de quito y propuesta para la reforma de la normativa ecuatoriana de emisiones en fuentes móviles terrestres . Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional .

Castelo, & Amàn. (13 de 02 de 2012). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 02 de 06 de 2014, de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1872/1/65T00030.pdf>

Chiavetto, G. (2010). Curso de inyección electrónica. Inyección . San Justo.

CISE Electronics. (2013). Híbridos. Curso Híbridos . Quito, Pichincha, Ecuador: CISE.

CISE. (2010). Inyección electrónica. (pág. 23). Quito: CISE.

CISE. (2010). Sistema de encendido. Sistema de encendido . CISE.

CONAE. (2001). Lubricación de los motores de combustión interna. México: Comisión Nacional para el ahorro de energía.

Crouse, W. (1993). Mecánica del automóvil. España.

Domínguez, & Ferrer. (2008). Mecánica del vehículo. Madrid: Editex.

Fiat, Evolucion-@. (2011). Motores térmicos y sus sistemas auxiliares. Automoción , 7.

FITSA. (2008). Nuevos combustibles y tecnologías de propulsión . Madrid: Gobierno de España.

Flórez, J., & Callejón, I. (2011). Máquinas térmicas motoras.

Font&Dols. (2004). Tecnología del Automóvil. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia .

Fundación CIDAUT. (2012). Sistema de intercambio de calor. Sistema de intercambio de calor . Escuela de Ingenieros Industriales.

Gallego, S. (2009). Sistemas de encendido. Peugeot.

Gallego, S. (01 de 2010). Sistemas de refrigeración. 10.

Grupo Amaro. (2013). Grupo Amaro. Recuperado el 30 de 11 de 2013, de <http://www.grupo-amaro.com>

Grupo Fiat. (2010). Sistema de lubricación. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares , 23.

Grupo Fiat. (2009). Sistemas de refrigeración. En G. Fiat, Sistemas de refrigeración (pág. 23).

Gulf. (2010). Gulf. Recuperado el 29 de 11 de 2013, de Manual técnico: <http://www.gulfoil.com.ar>

HELLA. (08 de 02 de 2002). HELLA. Recuperado el 04 de 02 de 2014, de http://www.hella.com/produktion/HellaResources/WebSite/HellaResources/HellaMEX/Garages/Sensor_ECT_2002_02_08.pdf

Hernandez. (16 de 02 de 2011). Scribd. Recuperado el 10 de 02 de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/48992469/10/Sensores-de-pedal-acelerador>

Hernandez, J. (2005). Analizador de módulos de control de encendido electrónico para Automóviles. Colombia: Vaho Electronics.

Hernandez, J. (2010). Guía de circuitos eléctricos. Sistemas auxiliares . Atacama: Fundación Universidad de Atacama.

Hernández, J. (2007). Sistema del motor alimentación-refrigeración. Sistemas auxiliares del motor . Atacama: Fundación Universidad de Atacama.

Ingeniería Automotriz miga. (2012). Autocentro miga. Recuperado el 04 de 11 de 2013, de <http://www.automotrizmiga.com.mx>

Jiménez, J. (2012). Análisis de operación y comportamiento de sistemas DIS y COP. (págs. 47,48,49,50). Latacunga: ESPE.

Lepiz, M. (10 de 2007). Electrónica aplicada al vehículo liviano. Uruca, Costa Rica. Obtenido de http://www.ina.ac.cr/mecanica_de_vehiculos/SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION%20VARIABLE.pdf

LUK-Aftermarkt Service S.L. (2008). Luk-As. Recuperado el 28 de 11 de 2013, de <http://www.schaeffler.com>

Manual Bosch. (2008). Control electrónico. Bosch.

Martínez, A. (2007). Sistema de lubricación . En A. M. Villegas, Motores de combustión interna (pág. 80). Sant Celoni.

Mendez, P. (11 de 2007). diseño de un emulador de la señal del sensor de oxígeno para la repotenciación del automotor chevrolet corsa evolucion 1.4, MPFI, 2005. diseño de un emulador de la señal del sensor de oxígeno para la repotenciación del automotor chevrolet corsa evolucion 1.4, MPFI, 2005 . Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

Montoya, P. (03 de 2008). Mejoramiento del sistema de Lubricación de los motores Cummins serie ISM. Mejoramiento del sistema de Lubricación . Veracruz: Universidad Veracruzana.

Nami. (s.f.). Nami. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://www.nami.com.uy/pdf/introduccionalainyeccionelectronica.pdf>

NGK. (2011). Bujías y cables de encendido . Tabla de aplicación . Venezuela: NGK.

Noguera, & Vela. (2012). Desarrollo de un tablero didáctico de los sistemas anticontaminantes. Desarrollo de un tablero didáctico de los sistemas anticontaminantes . Riobamba, Ecuador: ESPOCH.

Perez, A. (2002). Motores.

Rolcar. (28 de 09 de 2010). Rolcar. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de <http://www.rolcar.com.mx>

Serrano, M. (02 de 08 de 2011). Balancines. Balancines .

TECSUP. (2009). Encendido electrónico. Electrónica del vehículo .

Torres&Castillo. (2011). Análisis del rendimientos, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos. Análisis del rendimientos, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos . Latacunga, Ecuador: ESPE.

Torres, & Castillo. (2011). Análisis de rendimiento, consumo y emesiones generadas por los vehículos híbridos. Escuela Politécnica del Ejército.

Toyota. (01 de 09 de 2012). Tecnología y coches de nueva generación. Recuperado el 03 de 01 de 2013, de Tecnología y coches de nueva generación: <http://www.tecmovia.com/2012/09/01/motores-de-gasolina-de-ciclo-atkinson-cultura-general-para-el-s-xxi/>

Universidad de Uruguay. (2012). Sistemas de lubricación. Obtenido de <http://www.industriales.utu.edu.uy>

Universidad Nacional de la Plata. (2011). Sensores y actuadores en motores. Proyecto de motores , 2.

Vasconez, D. (02 de 2013). Construcción de un sistema electrónico con modulador de pulsos para analizar y determinar fallas en las bobinas de alto voltaje del vehículo. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.

VOLKSWAGEN. (2005). Acelerador electrónico. Programa autodidáctico 210 (págs. 10-23). Quito: Volkswagen.