



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Informe del proyecto técnico para obtener el título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

TÍTULO: CARACTERIZACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
(CICLO ATKINSON) DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS EN LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SEDE SANTO DOMINGO.

Autor

ROMMEL FABRICIO MONTALVO MORÁN

Director

ING. ALEJANDRO HERNÁN CASTILLO HERRERA

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

Diciembre, 2016

“CARACTERIZACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (CICLO ATKINSON) DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SEDE SANTO DOMINGO”

Ing. Alejandro Castillo, *MSc.*

DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Ing. Karina Cuenca, *MSc.*

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Arturo Falconi, *MBa.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Xavier Orbea, *MSc.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo, de 2016.

Autor:	ROMMEL FABRICIO MONTALVO MORÁN
Institución:	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Título de Tesis:	CARACTERIZACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (CICLO ATKINSON) DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SEDE SANTO DOMINGO.
Fecha:	Diciembre, 2016

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad del autor, el cual no ha sido plagiado



Rommel Fabricio Montalvo Morán

C.I. 0923569040

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR

Santo Domingo, 02 de Diciembre de 2016.

Ing. Arturo Falconi, *MBA*.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo escrito de titulación realizado por el Señor Rommel Fabricio Montalvo Morán, cuyo título es: **“CARACTERIZACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (CICLO ATKINSON) DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SEDE SANTO DOMINGO”**, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, el mismo que no ha sido plagiado, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente.



Ing. Alejandro Hernán Castillo Herrera
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de investigación a la persona que mas apoyado a mi educación, enseñandome valores, disciplina, respeto y dedicación, a la persona que ha estado, está y estará conmigo en las buenas y en las malas incondicionalmente, a la persona que motiva mi superación personal y profesional día a día, a la persona que me enseñó que nunca es tarde para seguir aprendiendo, este trabajo de investigación se lo dedico a mi amiga incondicional; a mi madre.

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que fueron mi apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo de investigación empezando por mi madre que es pilar fundamental en mi educación, a mi padre por que sin su apoyo no estaría cumpliendo una de mis metas, a mis hermanos que son mi motivación, a mi pequeño sobrino Mathias porque quiero ser su inspiración y a mis amigos y familiares.

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0923569040
APELLIDO Y NOMBRES:	Rommel Fabricio Montalvo Morán
DIRECCIÓN:	Santo Domingo de los Tsáchilas
EMAIL:	Talvo1516@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	(02) 3 746157
TELÉFONO MOVIL:	0995941371

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Caracterización del motor de combustión interna (ciclo Atkinson) del vehículo Toyota PRIUS en la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo.
AUTOR:	Rommel Fabricio Montalvo Morán
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	12 de Diciembre de 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Alejandro Hernán Castillo Herrera, <i>MSc.</i>
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AUTOMOTRIZ

RESUMEN:

La industria automotriz se ha caracterizado por varios años atrás el ser una fuente masiva de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente, y como solución a esto la misma industria desarrolla nuevas tecnologías alternativas que aminoricen el impacto ambiental que se estaba generando.

La tecnología en el campo automotriz a evolucionado en los últimos años de una manera eficaz, tanto así que hoy en día la propuesta automotriz se centra a vehículos híbridos, los cuales son vehículos propulsados por dos fuentes, un *motor térmico* y uno eléctrico, lo que se puede traducir a emisiones parciales de gases debido al uso de tecnología híbrida en los vehículos que actualmente se encuentran en el mercado.

El motor térmico en el diseño de un vehículo híbrido es la fuente de energía como última opción, y en vehículos con esta tecnología se dispone de un sistema electrónico para determinar qué motor se debe usar y cuando hacerlo.

El motor de combustión interna (M.C.I) ciclo Atkinson en la actualidad se lo aplica a vehículos con tecnología híbrida, por la razón que brindan mayor eficiencia térmica, mayor estabilidad en esfuerzos mecánicos, y menores emisiones de gases contaminantes, lo cual es necesario para contribuir a la necesidad de generar menor contaminación al medio ambiente.

El motor de ciclo Atkinson aprovecha las ventajas que supone una alta relación de compresión,

	<p>reduciendo la duración de la carrera de compresión con respecto a la de expansión del ciclo Otto.</p> <p>El problema técnico de la investigación planteada es no dominar la información acerca de motores de ciclo Atkinson.</p> <p>Caracterizar el motor de combustión interna ciclo Atkinson del Toyota PRIUS, en la Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo de los Tsáchilas es el objetivo propuesto en esta investigación.</p> <p>Basandose en estas nuevas tecnologías existentes en el país se propone una investigación donde se satisfaga todos los aspectos básicos y necesarios que abarquen con lo relacionado al motor de combustión interna ciclo Atkinson que posee el vehículo Toyota prius híbrido.</p>
PALABRAS CLAVES:	Atkinson, motor térmico, combustión, motor eléctrico, eficiencia térmica.
ABSTRACT:	<p>The automotive industry has been characterized for several years to be a massive source of emissions of polluting gases to the environment, and as a solution to this the same industry develops new alternative technologies that reduce the environmental impact that was being generated.</p> <p>The technology in the automotive field has evolved in recent years in an effective way, so today the automotive proposal focuses on hybrid vehicles,</p>

which are vehicles powered by two sources, a thermal engine and an electric, which can be translated into partial emissions of gases due to the use of hybrid technology in vehicles that are currently on the market.

The thermal engine in the design of a hybrid vehicle is the energy source as the last option, and in vehicles with this technology there is an electronic system to determine which motor to use and when to do it.

The Atkinson cycle internal combustion engine (MCI) is currently applied to vehicles with hybrid technology, because provide greater thermal efficiency, greater stability in mechanical stresses, and lower emissions of polluting gases, which is necessary to contribute in the necessity of generate less pollution to the environment.

The Atkinson cycle engine takes advantage of the advantages of a high compression ratio, reducing the length of the compression stroke with respect to the expansion of the Otto cycle.

The technical problem of the research is not to master the information about Atkinson cycle engines.

Characterizing the internal combustion engine Atkinson cycle of the Toyota PRIUS, at the Universidad Tecnológica Equinoccial in Santo Domingo de los Tsáchilas is the objective proposed in this research.

Based on these new technologies existing in the country, a research that satisfies all the basic and necessary aspects is proposed, that cover the Atkinson cycle internal combustion engine that has

	the hybrid Toyota PRIUS vehicle.
KEYWORDS	Atkinson, thermal engine, combustion, electric motor, thermal efficiency.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



F: _____

ROMMEL FABRICIO MONTALVO MORÁN

C.I. 0923569040

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ROMMEL FABRICIO MONTALVO MORAN**, CI 0923569040 autor del proyecto titulado: “**Caracterización del motor de combustión interna (ciclo Atkinson) del vehículo Toyota PRIUS en la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Automotriz** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 12 de Diciembre del 2016



F: _____

ROMMEL FABRICIO MONTALVO MORÁN

C.I. 0923569040

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada	I
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal	II
Responsabilidad del autor	III
Aprobación del director	IV
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Formulario de biblioteca	VII
Declaración y autorización.....	XII
Índice de contenidos.....	XIII
Índice de tablas.....	XV
Índice de figuras.....	XVIII

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO REFERENCIAL	4
III. METODOLOGÍA DE LA PRAXIS PROFESIONAL UTILIZADA	14
3. Contenido técnico	14
3.1. Primera etapa - Recopilación de información del Toyota PRIUS 2010.....	15
3.1.1. Sistemas de control	15
3.1.2. Comunicaciones	15
3.1.3. Protocolo de comunicación	16
3.1.4. M.C.I (Figura 17).....	18
3.1.5. Abreviaturas utilizadas por Toyota	19
3.1.6. Componentes del M.C.I	21
3.1.7. Ciclo Atkinson	26
3.1.8. Sistemas del motor	27
3.1.9. Sistema de control del ventilador de refrigeración.....	32
3.1.10. Sistema de encendido.....	32
3.1.11. Sistema de distribución	35

3.1.12. Sistema inteligente de sincronización variable de válvulas (VVT-i).....	38
3.2. Inspecciones de los controladores del M.C.I.....	47
3.3. Caracterización de comportamiento del motor ciclo Atkinson	106
3.4. Osciloscopio “PICOSCOPE”	108
3.5. Analizador de gases “AGS-688”.....	111
3.6. Compresímetro “STANLEY COMPRESSION TESTER”	112
4. Análisis económico	114
5. Manual de usuario.....	115
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	116
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripciones de los terminales del DLC3	16
Tabla 2. Abreviaciones de SAE y Toyota	19
Tabla 3. Especificaciones del líquido refrigerante	31
Tabla 4. Secuencia de conexión de los cables de pinzas.....	48
Tabla 5. Resistencia estándar (abierto)	52
Tabla 6. Resistencia estándar (en corto)	52
Tabla 7. Voltaje estándar.....	52
Tabla 8. Corriente estándar del motor de los ventiladores	53
Tabla 9. Voltaje estándar.....	55
Tabla 10. Voltaje estándar.....	56
Tabla 11. Resistencia estándar	56
Tabla 12. Resistencia estándar	57
Tabla 13. Voltaje estándar.....	58
Tabla 14. Resistencia estándar	58
Tabla 15. Corriente estándar	59
Tabla 16. Resistencia estándar	59
Tabla 17. Resistencia estándar (abierto)	59
Tabla 18. Resistencia estándar (en corto)	60
Tabla 19. Corriente estándar	60
Tabla 20. Resistencia estándar	61
Tabla 21. Resistencia estándar (en corto)	61
Tabla 22. Resistencia estándar	63
Tabla 23. Voltaje estándar.....	63
Tabla 24. Resistencia estándar (abierto)	64
Tabla 25. Resistencia estándar (en corto)	65
Tabla 26. Resistencia estándar	67
Tabla 27. Voltaje estándar.....	68
Tabla 28. Resistencia estándar (abierto)	69
Tabla 29. Resistencia estándar (en corto)	69
Tabla 30. Voltaje estándar.....	70

Tabla 31. Resistencia estándar (abierto)	71
Tabla 32. Resistencia estándar (en corto)	71
Tabla 33. Voltaje estándar.....	73
Tabla 34. Resistencia estándar	73
Tabla 35. Ilustración de la gráfica del sensor.....	74
Tabla 36. Ilustración de la gráfica del sensor.....	74
Tabla 37. Resistencia estándar (abierto)	75
Tabla 38. Resistencia estándar (en corto)	75
Tabla 39. Resistencia estándar (abierto)	77
Tabla 40. Resistencia estándar (en corto)	77
Tabla 41. Resistencia estándar	78
Tabla 42. Ilustración de la gráfica del sensor.....	78
Tabla 43. Voltaje estándar.....	81
Tabla 44. Resistencia estándar (abierto)	82
Tabla 45. Resistencia estándar (en corto)	82
Tabla 46. Voltaje estándar.....	83
Tabla 47. Resistencia estándar (abierto)	84
Tabla 48. Resistencia estándar (en corto)	84
Tabla 49. Resistencia estándar (abierto)	86
Tabla 50. Resistencia estándar (en corto)	86
Tabla 51. Resistencia estándar (abierto)	88
Tabla 52. Resistencia estándar (en corto)	88
Tabla 53. Resistencia estándar (abierto)	91
Tabla 54. Resistencia estándar (en corto)	91
Tabla 55. Voltaje estándar.....	91
Tabla 56. Voltaje estándar.....	93
Tabla 57. Resistencia estándar (abierto)	93
Tabla 58. Resistencia estándar (en corto)	94
Tabla 59. Voltaje estándar.....	94
Tabla 60. Voltaje estándar.....	95
Tabla 61. Resistencia estándar	96
Tabla 62. Resistencia estándar (abierto)	96

Tabla 63. Resistencia estándar (en corto)	96
Tabla 64. Resistencia estándar	98
Tabla 65. Resistencia estándar (abierto)	98
Tabla 66. Resistencia estándar (en corto)	99
Tabla 67. Resistencia estándar	100
Tabla 68. Resistencia estándar (abierto)	100
Tabla 69. Resistencia estándar (en corto)	101
Tabla 70. Resistencia estándar (abierto)	101
Tabla 71. Resistencia estándar (en corto)	101
Tabla 72. Resistencia estándar (abierto)	103
Tabla 73. Voltaje estándar.....	103
Tabla 74. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)	104
Tabla 75. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)	104
Tabla 76. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)	105
Tabla 77. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)	105
Tabla 78. Conexión para obtener las señales IGT e IGF	109
Tabla 79. Conexión para obtener las señales CKP y CMP	109
Tabla 80. Conexión para obtener la onda de los inyectores.....	110
Tabla 81. Conexión para obtener la onda CAN	110
Tabla 82. Conexión para obtener la onda de la bomba de agua.....	111
Tabla 83. Análisis económico de la investigación	111
Tabla 84. Control del motor en reposo.....	116
Tabla 85. Control del motor a velocidad crucero.....	117
Tabla 86. Datos obtenidos en el analizador de gases con el motor apagado.....	119
Tabla 87. Datos obtenidos en el analizador de gases con el motor en ralentí	120
Tabla 88. Datos obtenidos en el compresímetro	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Híbrido en serie	4
Figura 2. Híbrido en paralelo	5
Figura 3. Toyota PRIUS 3era generación	6
Figura 4. Componentes del sistema THS de Toyota.....	6
Figura 5. Unidad de engranajes planetarios	7
Figura 6. Mandos del modo de conducción	7
Figura 7. Panel de instrumentos indicando los tres modos de conducción	8
Figura 8. Condiciones de manejo.....	9
Figura 9. Diagrama del sistema de control.....	10
Figura 10. Bobinas del sensor de velocidad.....	11
Figura 11. Suministro de energía desde la batería	12
Figura 12. Suministro de energía por el motor de gasolina	12
Figura 13. Motor de gasolina generando energía.....	12
Figura 14. Suministro de energía mediante MG2	13
Figura 15. Esquema de las unidades de control	15
Figura 16. DLC3 del Toyota PRIUS 3G	16
Figura 17. Motor de combustión interna 2ZR-FXE.....	18
Figura 18. Potencia y par del motor 2ZR-FXE	19
Figura 19. Vista de la tapa de culata	21
Figura 20. Vista desde la parte inferior de la culata.....	22
Figura 21. Sección transversal de la culata	22
Figura 22. Sección del Bloque de cilindros	23
Figura 23. Cigüeñal excéntrico	23
Figura 24. Sección del pistón	24
Figura 25. Sección de la biela y cojinete.....	24
Figura 26. Muñones y contrapesos del cigüeñal	25
Figura 27. Ranuras de engrase del cojinete.....	25
Figura 28. Vista del cárter de motor.....	26
Figura 29. Tiempo de compresión del ciclo Atkinson respecto al ciclo Otto	27
Figura 30. Gráfico del inyector de combustible.....	27

Figura 31. Partes de la bomba de combustible.....	28
Figura 32. Circuito del control de la bomba de combustible	28
Figura 33. Sistema sin retorno de combustible	29
Figura 34. Partes del depósito de combustible.....	29
Figura 35. Colector de admisión	30
Figura 36. Colector de los gases de escape	30
Figura 37. Diseño del tubo de escape.....	31
Figura 38. Radiador del Toyota PRIUS	32
Figura 39. Circuito de control del ventilador de refrigeración.....	32
Figura 40. Sistema de encendido	33
Figura 41. Estructura de la bobina	33
Figura 42. Circuito de la bobina con modulo incorporado	34
Figura 43. Generación de la señal IGF.....	34
Figura 44. Bujía de encendido	35
Figura 45. Sistema de distribución variable de válvulas	36
Figura 46. Árbol de levas del sistema VVT-i.....	36
Figura 47. Cadena de distribución y tensor.....	37
Figura 48. Esquema del subconjunto de la tapa de la cadena de distribución	37
Figura 49. Esquema de trabajo del VVT-i	38
Figura 50. Sincronización de las válvulas	39
Figura 51. Conjunto del actuador de distribución de lado de admisión y escape	39
Figura 52. Válvula reguladora de aceite, admisión y escape	40
Figura 53. Funcionamiento de la válvula reguladora en avance	40
Figura 54. Funcionamiento de la válvula reguladora en retardo.....	41
Figura 55. Esquema del sistema.....	41
Figura 56. Partes del cuerpo de aceleración.....	42
Figura 57. Esquema del sensor del pedal de aceleración	43
Figura 58. Circuito del sensor de posición del pedal de aceleración	43
Figura 59. Medidor de caudal de aire.....	44
Figura 60. Sensores CKP y CMP.....	44
Figura 61. Esquema y circuito del sensor TPS	45
Figura 62. Estructura del sensor de detonación.....	46

Figura 63. Gráfica y circuitos de los sensores de oxígeno y relación aire combustible.....	46
Figura 64. Sensor de relación aire/combustible	47
Figura 65. Sensor de oxígeno.....	47
Figura 66. Conexión para asistir a la batería auxiliar.....	48
Figura 67. Puntos de anclaje del Toyota PRIUS 3G.....	49
Figura 68. Número de serie del motor 2ZR-FX.....	50
Figura 69. Diagrama de cableado de la bomba de agua.....	51
Figura 70. Inspección de la bomba de agua	51
Figura 71. Inspección de los motores de los ventiladores de enfriamiento.....	53
Figura 72. Diagrama del sistema de control de los ventiladores (1)	54
Figura 73. Diagrama del sistema de control de los ventiladores (2)	54
Figura 74. Inspección del ECM (voltajes del ventilador No1)	55
Figura 75. Ubicación de los relés No 1 y No3 del ventilador No1	55
Figura 76. Inspección del relé No1	56
Figura 77. Inspección del relé No3	57
Figura 78. Ubicación de los relés No2.....	57
Figura 79. Inspección del relé No2	58
Figura 80. Inspección del motor del ventilador No1.....	59
Figura 81. Inspección del motor del ventilador No2.....	60
Figura 82. Diagrama del sistema de recirculación de gases.....	62
Figura 83. Diagrama de cableado del recirculador de gases de escape.....	62
Figura 84. Inspección de la EGR para el sistema de recirculación de gases (1)	63
Figura 85. Inspección de la EGR para el sistema de recirculación de gases (2)	64
Figura 86. Circuito del sistema catalizador.....	66
Figura 87. Diagrama de cableado del sensor de aire/combustible	67
Figura 88. Inspección del sensor de aire/combustible (1)	67
Figura 89. Inspección del sensor de aire/combustible (2)	68
Figura 90. Inspección del sensor de aire/combustible (3)	68
Figura 91. Diagrama de cableado del sensor de oxígeno.....	70
Figura 92. Inspección del sensor de aire/combustible (1)	70
Figura 93. Inspección del sensor de aire/combustible (2)	71
Figura 94. Diagrama de cableado del sistema de control de emisiones evaporativas	72

Figura 95. Inspección de la VSV	72
Figura 96.VSV (1).....	73
Figura 97. VSV (2).....	74
Figura 98. Identificación del VSV	74
Figura 99. Diagrama del sensor de posición del árbol de levas	76
Figura 100. Diagrama del cableado del VVT-i.....	76
Figura 101. Inspección del VVT	77
Figura 102. Prueba en el VVT	78
Figura 103. Comprobación de la operación de la VSV.....	78
Figura 104. Ajuste de sincronización de las válvulas	79
Figura 105. Sensor del flujo de la masa de aire	80
Figura 106. Diagrama de cableado del sensor del flujo de la masa de aire.....	80
Figura 107. Inspección del sensor MAF (1).....	81
Figura 108. Inspección del sensor MAF (2).....	81
Figura 109. Gráfica característica del sensor MAP.....	82
Figura 110. Diagrama de cableado del sensor MAP.....	83
Figura 111. Inspección del sensor MAP (1).....	83
Figura 112. Inspección del sensor MAP (2).....	83
Figura 113. Gráfica característica del sensor IAT.....	85
Figura 114. Cableado del sensor IAT	85
Figura 115. Inspección del sensor IAT	86
Figura 116. Diagrama de conexión y gráfica característica del sensor ECT.....	87
Figura 117. Diagrama de cableado del sensor ECT	87
Figura 118. Inspección del sensor ECT	88
Figura 119. Sensor TPS	89
Figura 120. Diagrama de cableado del sensor TPS.....	90
Figura 121. Inspección del sensor TPS	90
Figura 122. Diagrama de los inyectores.....	92
Figura 123. Inspección de los inyectores de combustible (1)	92
Figura 124. Inspección de los inyectores de combustible (2)	93
Figura 125. Diagrama de cableado del sensor de golpeteo	95
Figura 126. Inspección del sensor de golpeteo (1).....	95

Figura 127. Inspección del sensor de golpeteo (2).....	96
Figura 128. Diagrama de cableado del sensor CKP.....	97
Figura 129. Inspección del sensor “CKP” (1).....	97
Figura 130. Inspección del sensor “CKP” (2).....	98
Figura 131. Inspección del sensor “CMP” (1).....	99
Figura 132. Inspección del sensor “CMP” (2).....	100
Figura 133. Inspección del sensor “CMP” (3).....	101
Figura 134. Diagrama de cableado de las bobinas de encendido.....	102
Figura 135. Inspección de las bobinas de encendido (1).....	102
Figura 136. Inspección de las bobinas de encendido (2).....	103
Figura 137. Conexión del escáner al vehículo.....	106
Figura 138. Ingreso a diagnóstico vehículo.....	106
Figura 139. Ingreso en Asian pack #1.....	106
Figura 140. Ingreso en Toyota PRIUS.....	107
Figura 141. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector.....	107
Figura 142. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector.....	107
Figura 143. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector.....	108
Figura 144. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector.....	108
Figura 145. Forma de onda de la ignición (Señal IGT e IGF).....	109
Figura 146. Forma de onda del CMP y CKP.....	109
Figura 147. Forma de onda de los inyectores.....	110
Figura 148. Forma de onda “CAN” señal de comunicación.....	110
Figura 149. Forma de onda del conjunto de la bomba de agua desde el ECM.....	111
Figura 150. Modo de mantenimiento activado.....	112
Figura 151. Conexión de la sonda del analizador de gases a la salida del tubo de escape... 112	112
Figura 152. Cubierta de aluminio ubicada sobre las bobinas.....	113
Figura 153. Bobina de encendido.....	113
Figura 154. Compresímetro.....	113
Figura 155. Voltaje de referencia de los inyectores.....	118
Figura 156. Onda de los inyectores.....	119

I. INTRODUCCIÓN

La evolución de la industria automotriz, en constante cambio y siempre en la búsqueda de soluciones para aminorar el creciente impacto ambiental que por años se le ha otorgado a la industria automotriz, hoy en día propone el uso de motores de combustión interna alternativos más eficientes en los vehículos, que desde hace varios años atrás ya se los venía aplicando, pero qué ahora en la actualidad están generando un impacto positivo.

Debido a la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes por parte de los automotores, y a los costos elevados que han logrado alcanzar los combustibles, se comienza a involucrar tecnologías alternativas que permitan mejorar las condiciones de propulsión de los vehículos, permitiendo así reducir los niveles de contaminación.

Dentro de las tecnologías más novedosas se encuentran los vehículos híbridos, la cual logra establecer cifras de reducción de emisiones muy importantes, colocando a la tecnología híbrida en el nivel *PZEV* (Vehículos de cero emisiones parciales), esto significa que por momentos el vehículo genera cero emisiones, un logro notablemente importante, ya que en el momento que esta tecnología se presente en forma masiva van a existir momentos en que la operación de los vehículos no generen emisiones y esto disminuye de manera importante los niveles de contaminación.

Por lo tanto la mayor preocupación de un vehículo híbrido es generar menor cantidad de contaminación al medio ambiente, es decir reduciendo emisiones de gases generados por la quema de combustibles en el interior de la cámara de combustión (CO/HC).

El vehículo Toyota PRIUS híbrido está equipado con la tecnología HSD (Hybrid Synergy Drive) que es un sistema de control electrónico sin ninguna conexión mecánica entre el motor y los controles del motor, ya que en un vehículo HSD, el control computarizado solo recibe señales eléctricas. El HSD es un refinamiento del sistema híbrido original de Toyota (THS), utilizados en los años de 1997 hasta el año 2003 en el Toyota PRIUS, como tal, ocasionalmente se lo denomina THS II.

El HSD de Toyota reemplaza la caja de engranes, el alternador y el motor de arranque con un par de motores-generadores (MG1 y MG2), un sistema informatizado que controla los motores-generadores, y una batería que sirve como un reservorio energético. Cada motor-generador (MG) puede convertir la electricidad a movimiento (energía mecánica) o viceversa.

El HSD supervisa el funcionamiento de todo el sistema, determinando que motor-generador (MG) debe estar trabajando, si ambos deben estar en uso, o apagar el motor de combustión interna cuando el motor eléctrico es suficiente para suministrar la energía.

El *problema técnico* del presente proyecto es no dominar la información acerca del funcionamiento de motores ciclo Atkinson, cuáles son sus características, y diseño del mismo.

El *alcance* que se logra al final de la investigación es obtener información detallada de: componentes del motor, su funcionamiento, de esta manera se elabora una guía práctica que se pondrá a disposición de docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo de los Tsáchilas.

La hipótesis de este proyecto técnico es: La información obtenida con respecto al estudio y caracterización del motor de combustión interna ciclo Atkinson, permitirá el dominio de las nuevas tecnologías en los estudiantes de la carrera.

Esta investigación tiene por *objetivo general* caracterizar el motor de combustión interna ciclo Atkinson del Toyota PRIUS, en la Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo de los Tsáchilas.

Para cumplir con el objetivo general de la investigación, es necesario especificar como vamos a llegar a dicho objetivo, para lo cual se plantea los *objetivos específicos*, estos son:

- Documentar toda la información que se obtenga del motor térmico ciclo Atkinson del Toyota PRIUS.

- Describir el funcionamiento de trabajo del motor térmico ciclo Atkinson del Toyota PRIUS.
- Elaborar una guía práctica sobre el motor térmico ciclo Atkinson del Toyota PRIUS.

La *metodología* de investigación aplicado es *descriptivo*; ya que es caracterizar la estructura del motor térmico ciclo Atkinson, su funcionamiento, en donde se encuentran ubicados los componentes del motor, e indagar que tipo de mantenimiento se puede aplicar a este tipo de vehículos híbridos y con los datos obtenidos brindar una solución que esclarezca la falta de conocimiento sobre motores ciclo Atkinson.

La técnica de investigación en el presente proyecto es la bibliográfica, ya que se toman en cuenta libros, artículos científicos, revistas, sitios de internet, tesis y manuales que se relacionen y justifiquen el motivo de la investigación, los mismos que serán canalizados exhaustivamente, especialmente aquellos que contengan la información más concreta del tema.

II. MARCO REFERENCIAL

Vehículos híbridos

El término híbrido se utiliza para referirse a vehículos con más de una fuente energética de propulsión, los híbridos no requieren cargas externas de las baterías ya que el sistema controla y regenera la carga con la ayuda de un motor eléctrico, el objetivo de esta tecnología es poder utilizar el vehículo híbrido como vehículo exclusivamente eléctrico, sin necesidad de consumir combustible para trayectos cortos.

Tipos básicos de aplicación híbrida

- **Híbridos en serie:** el motor de combustión interna (M.C.I) es únicamente utilizado en la generación de la electricidad para el motor eléctrico el cual acciona el giro de las ruedas (figura 1), el M.C.I esta desacoplado de la tracción, es llamado híbrido en serie pues el flujo de energía se mueve en línea directa.

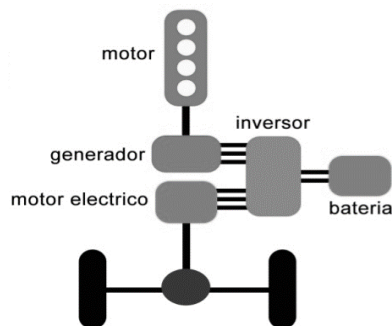


Figura 1. Híbrido en serie

- **Híbridos en paralelo:** utilizan tanto el M.C.I como el eléctrico para accionar la tracción (figura 2) asignando la energía de cada uno de acuerdo a las condiciones de conducción. En este sistema el motor de combustión puede accionar la tracción al mismo tiempo que carga las baterías.

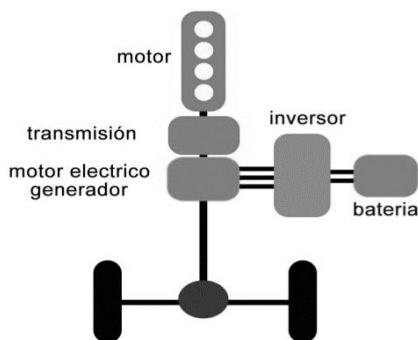


Figura 2. Híbrido en paralelo

Toyota PRIUS híbrido

Es un automóvil híbrido en paralelo del segmento C, funciona con dos fuentes de energía (gasolina y electricidad), si bien es cierto el PRIUS no fue el primer vehículo híbrido creado, pero si el encargado de llevar esta tecnología a ser viable para el uso automotriz.

• Generaciones

Primera: aparece en el año 1997 en Japón, pero generó pérdidas por cada auto vendido para la marca.

Segunda: se renueva el vehículo en el año 2003, tanto por dentro como por fuera, con esto se mejoró su coeficiente de resistencia aerodinámica a 0,26 gracias a su diseño Kammback (diseño posterior del techo).

Su circuito de alimentación de alto voltaje aportaba más potencia con menos pérdidas eléctricas, además el M.C.I se apagaba automáticamente cuando se detenía el auto debido al tráfico, esto generaba un menor consumo de combustible y menores emisiones contaminantes al medio ambiente.

Tercera: este mantiene su característica de diseño Kammback y mejoró su resistencia aerodinámica a 0,25. (Figura 3)

Además, cambió en gran porcentaje su motor térmico, el cilindraje paso de ser de 1,5L a 1,8L siendo diseñado más ligero y compacto, la potencia aumentó en un 22% debido a que ahora el motor térmico del PRIUS entrega 98HP y un motor eléctrico de 50kW de potencia, con esto el vehículo logra llegar de 0 a 100Km/h en tan solo 10,4 segundos.

El concepto de este híbrido es por combinación de velocidades, ambos motores funcionan a velocidades distintas, y sus distintos pares de giro son acoplados en una compleja caja de engranes denominado Toyota Hybrid System II (THS II).

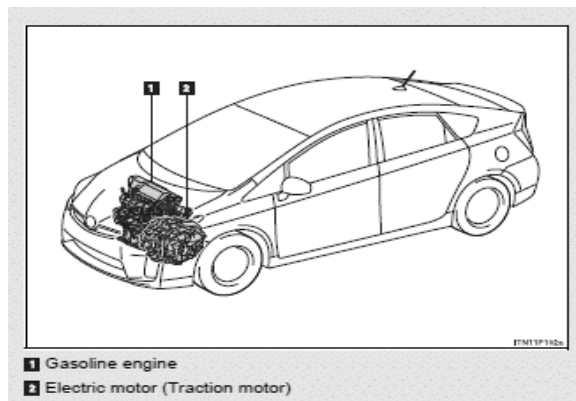


Figura 3. Toyota PRIUS 3era generación

• Sistema THS II

Es del tipo de tren de potencia que emplea una combinación de dos tipos de fuerzas motrices, tales como un motor térmico y un MG2. Este sistema se caracteriza por el uso inteligente de los dos tipos de fuerzas motrices de acuerdo con las condiciones de marcha. Los principales componentes del sistema son (Figura 4):

- Batería HV
- Batería auxiliar
- Motor térmico
- Generador
- Motor eléctrico
- Inversor
- Grupo transeje

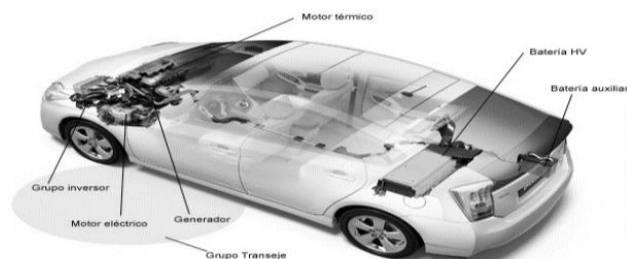


Figura 4. Componentes del sistema THS de Toyota

Transmisión

El sistema de transmisión está encargado de transmitir el giro a las ruedas, funciona mediante un sistema de engranajes planetarios que conjugan el giro del motor térmico, el generador y el motor eléctrico. Según las fuerzas aplicadas en el sistema se logrará modificar la relación de giro de los impulsores y la transmisión.

Unidad de engranajes planetarios

La salida de potencia del motor, que se transmite mediante la unidad de engranajes planetarios, se divide en la fuerza motriz dirigida a las ruedas motrices y la fuerza motriz para que MG1 genere electricidad.

Como parte de la unidad de engranajes planetarios, el engranaje solar está conectado al MG1, el engranaje de anillo está conectado al MG2, y el portaengranajes está conectado al eje de salida del motor (Figura 5).

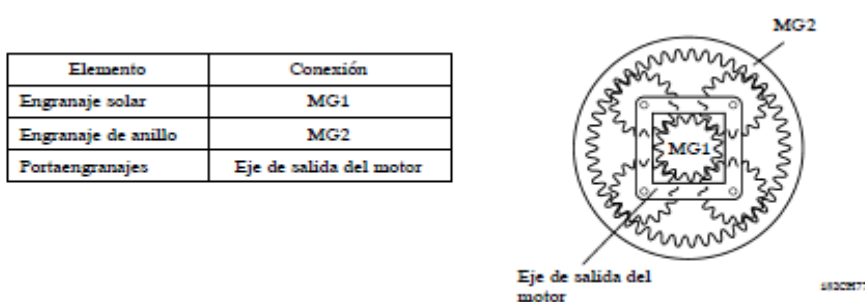


Figura 5. Unidad de engranajes planetarios

Modos de conducción

Se ideó 3 tipos de conducción con el objetivo de optimizar el consumo de combustible según la situación, cada tipo de conducción se puede seleccionar con un simple botón ubicado en el panel de instrumentos (figura 6) sin complicar la conducción.



Figura 6. Mandos del modo de conducción

- **Conducción Vehículo Eléctrico (EV)**

Permite que el vehículo utilice un bajo requerimiento de fuerza y potencia, a una velocidad máxima de 50km/h se puede conducir el vehículo sin emitir ruidos, ni gases o emisiones contaminantes, únicamente propulsado por el motor eléctrico que utiliza la energía acumulada en la batería.

- **Conducción - Ecológico (ECO)**

Tiene por objeto reducir el consumo del combustible y reducir las emisiones contaminantes, este modo de conducción se diseñó para maximizar la eficiencia del combustible y reducir la respuesta del acelerador a fuertes accionamientos del mismo.

- **Conducción *POWER* (PWR)**

Cuando se exige mayor velocidad o potencia, en el panel de instrumentos el botón de PWR (figura 7), activa este modo de conducción, donde el vehículo a cualquier pulsación del acelerador reacciona de manera inmediata, de esta manera aumentando la potencia y aceleración, pero eso implica un mayor consumo de combustible.



Figura 7. Panel de instrumentos indicando los tres modos de conducción

Generalidades

Se caracteriza por el uso inteligente de sus dos tipos de fuerza motriz de acuerdo con las condiciones de marcha. Utiliza al máximo las fuerzas de cada una de las fuerzas motrices y complementa sus debilidades, por lo tanto puede alcanzar un rendimiento de alta respuesta, así como una gran reducción de consumo de combustible y de las emisiones de gases de escape, el conjunto combina el funcionamiento del motor térmico y eléctrico según las condiciones de marcha (figura 8) y fuerza solicitados.

Condiciones de manejo

Puesta en marcha: durante la aceleración ligera a baja velocidad, el vehículo se impulsa del motor eléctrico, el motor de gasolina está apagado.

Conducción normal: durante el manejo normal, el vehículo se impulsa principalmente con la energía que provee el motor de gasolina, el motor de gasolina también impulsa al generador para recargar el paquete de baterías.

Aceleración: durante la aceleración total, como subir una colina, tanto el motor de gasolina como el motor eléctrico impulsan el vehículo.

Desaceleración: durante la desaceleración, como en el momento de frenar, el vehículo regenera la energía cinética de las ruedas para producir electricidad que recarga el paquete de baterías.

Parada: cuando el vehículo está detenido, el motor eléctrico y el motor de gasolina están apagados, el motor térmico solo arrancará en condiciones de bajada de tensión para recuperar la carga de batería.

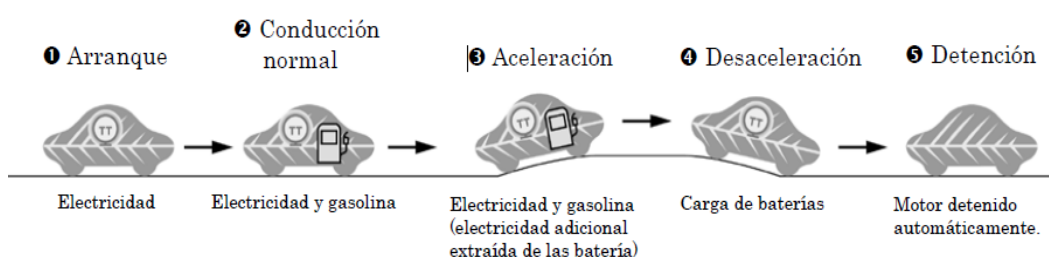


Figura 8. Condiciones de manejo

Características de funcionamiento

La gestión del sistema se realiza desde la unidad de control de High Voltaje (HV), la unidad detecta la cantidad del esfuerzo aplicado al pedal del acelerador de acuerdo con las señales procedentes del sensor de la posición del pedal del acelerador.

La UCE de HV recibe las señales de la velocidad del vehículo desde el sensor de velocidad de MG1 y MG2, y detecta la posición de cambios procedentes del sensor de la posición de cambios, con esto determina las condiciones de marcha del vehículo de

acuerdo a la información recibida y controla óptimamente las fuerzas motrices de MG1, MG2 y del motor a gasolina (Figura 9).

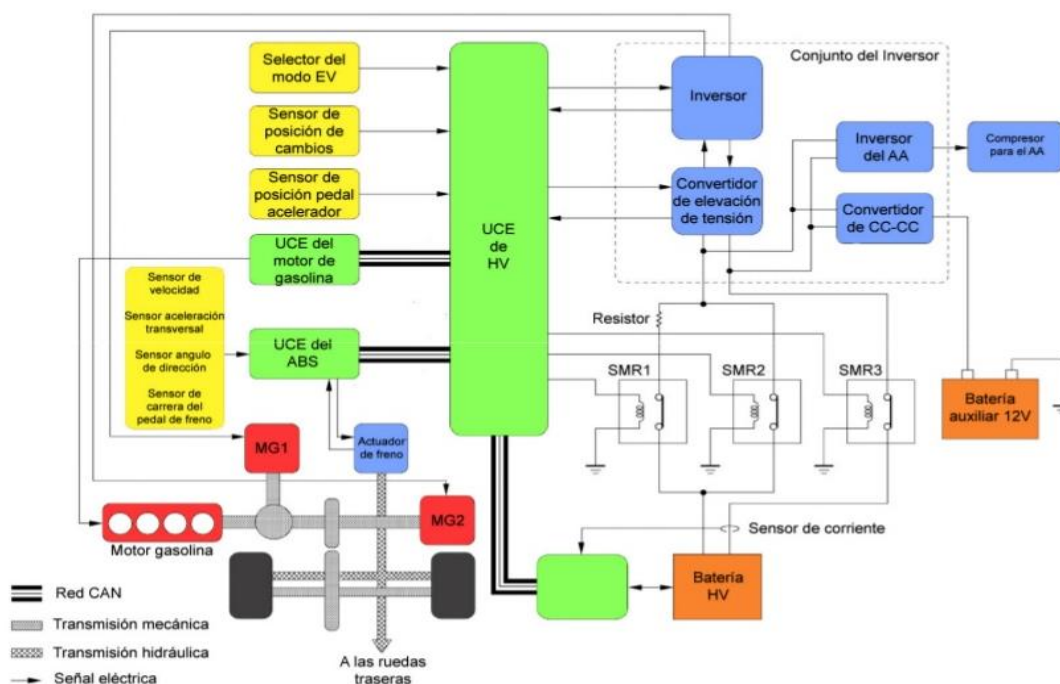


Figura 9. Diagrama del sistema de control

Los moto generadores (MG)

• MG1 y MG2

Acompañado por la mejora de la robustez del rotor, se ha incrementado su margen de revoluciones por minuto (rpm).

La estructura de cada imán permanente incorporado en el interior del MG2 se ha optimizado y se ha conseguido la mejora de la salida de potencia y del par.

• Sensor de posición y velocidad de los moto generadores

Es un sensor compacto y altamente fiable que detecta con precisión la posición del polo magnético, el estator del sensor contiene 3 bobinas como se muestra en la figura 10, y las bobinas de salida B y C están alternadas eléctricamente en 90° , puesto que el rotor es oval, la distancia de huelgo entre el estator y el rotor varía con la rotación del mismo. Por lo tanto, mediante el paso de la corriente alterna a través de la bobina A, la salida que corresponde a la posición del rotor es generada por las bobinas B y C,

adicionalmente la cantidad de variación de la posición dentro de un tiempo predeterminado es calculada por la ECU de HV, permitiendo usar este sensor como sensor de rpm.

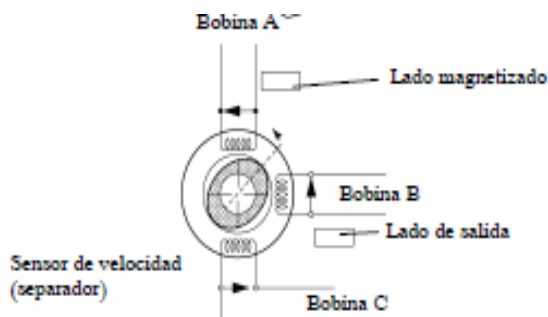


Figura 10. Bobinas del sensor de velocidad

Transeje híbrido

Mientras que este sistema combina y opera con eficiencia los dos tipos de fuerzas motrices, la del motor de gasolina y MG2, de acuerdo con las condiciones de circulación del vehículo, la fuerza motriz básica la proporciona el motor de gasolina. La fuerza motriz del motor de gasolina se divide en dos áreas: la fuerza motriz aplicada a las ruedas por la unidad de engranajes planetarios del transeje híbrido, y la fuerza motriz para operar el MG1 como un generador.

El motor de gasolina, MG1 y MG2 están mecánicamente unidos mediante la unidad de engranajes planetarios. MG2 y el engranaje del diferencial para las ruedas motrices están unidos mediante una cadena de transmisión y engranajes.

Operación básica

Este sistema controla los siguientes modos para conseguir las operaciones más eficientes, para adaptarlas a las condiciones de la marcha:

- a. El suministro de energía eléctrica desde la batería HV al MG2 proporciona fuerza para impulsar las ruedas (figura 11).

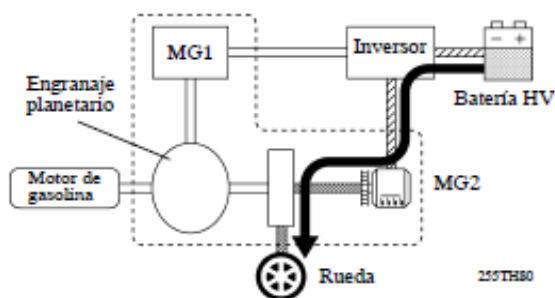


Figura 11. Suministro de energía desde la batería

- b. Mientras el motor de gasolina impulsa las ruedas a través de los engranajes planetarios, MG1 vira mediante el motor de gasolina a través de los engranajes planetarios para suministrar la electricidad generada a MG2 (figura 12).

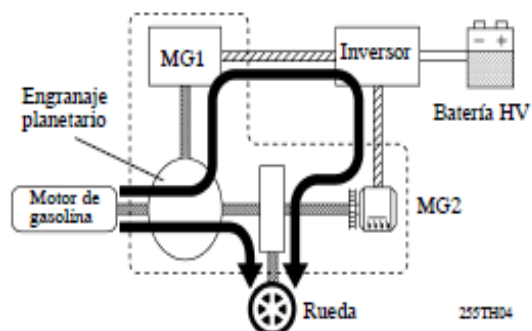


Figura 12. Suministro de energía por el motor de gasolina

- c. El motor de gasolina hace virar MG1 mediante los engranajes para cargar la batería HV.

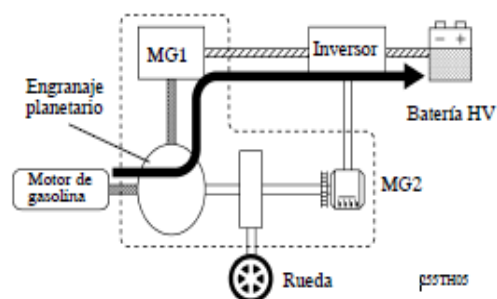


Figura 13. Motor de gasolina generando energía

- d. Cuando el vehículo se desacelera, la energía cinética de las ruedas se recupera y se convierte a energía eléctrica, y se emplea para recargar la batería HV mediante MG2.

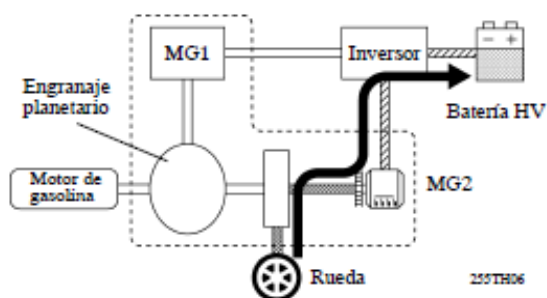


Figura 14. Suministro de energía mediante MG2

La ECU HV cambia entre estos modos de acuerdo con las condiciones de la marcha. Sin embargo, cuando el SOC (estado de carga) de la batería HV es bajo, la batería HV se carga mediante el motor de gasolina que hace virar a MG1.

III. METODOLOGÍA DE LA PRAXIS PROFESIONAL UTILIZADA

El método empleado en esta investigación es descriptivo, ya que se utiliza para recopilar, organizar, resumir, presentar, generalizar y analizar los resultados de las observaciones en la investigación. Este método implica la búsqueda de datos para presentar una idea clara y concisa de este estudio. El fin de este estudio es analizar y caracterizar al motor de combustión interna ciclo Atkinson; con la investigación descriptiva se satisface la necesidad de analizar las características del motor ciclo Atkinson y se ajusta a la investigación planteada.

3. Contenido técnico

• Conceptualización

Este proyecto técnico está formado por:

Primera etapa: recopilación de información basándose en datos técnicos mediante la revisión de citas bibliográficas, libros, internet, revistas, manuales, y artículos científicos que luego será organizada, resumida y analizada.

Segunda etapa: la caracterización del motor ciclo *Atkinson* con los siguientes equipos:

- Escáner “*CARMAN SCAN VG*” utilizado para medir los parámetros de funcionamiento de los componentes más importantes del sistema eléctrico del vehículo que influyen en el funcionamiento del motor.
- Osciloscopio “*PICOSCOPE*”: utilizado para analizar el comportamiento de los elementos que participan en el funcionamiento del motor.
- Analizador de gases “*AGS-688*”: utilizado para medir los niveles de emisión de gases (CO, HC, O₂, NO_x y CO₂).
- Compresímetro “*STANLEY COMPRESSION TESTER*”: utilizado para medir la compresión generada en el interior de los cilindros.

Tercera etapa: elaboración de la guía práctica donde se aplica los conocimientos adquiridos y empleados para la caracterización del motor.

3.1. Primera etapa - Recopilación de información del Toyota PRIUS 2010

3.1.1. Sistemas de control

Unidades de control

El sistema cuenta con un mecanismo complejo de funcionamiento, el cual alterna la funcionalidad de los motores eléctricos y el motor de combustión interna, para esto el sistema debe ser descentralizado teniendo unidades de control independiente, pero relacionadas todas a través del BUS de DATOS, es decir que aunque una unidad de control no reciba la información directamente de cualquier componente si la va a tener todo el tiempo disponible, ya que esta información se comunicará por todo el BUS de Datos (figura 15).

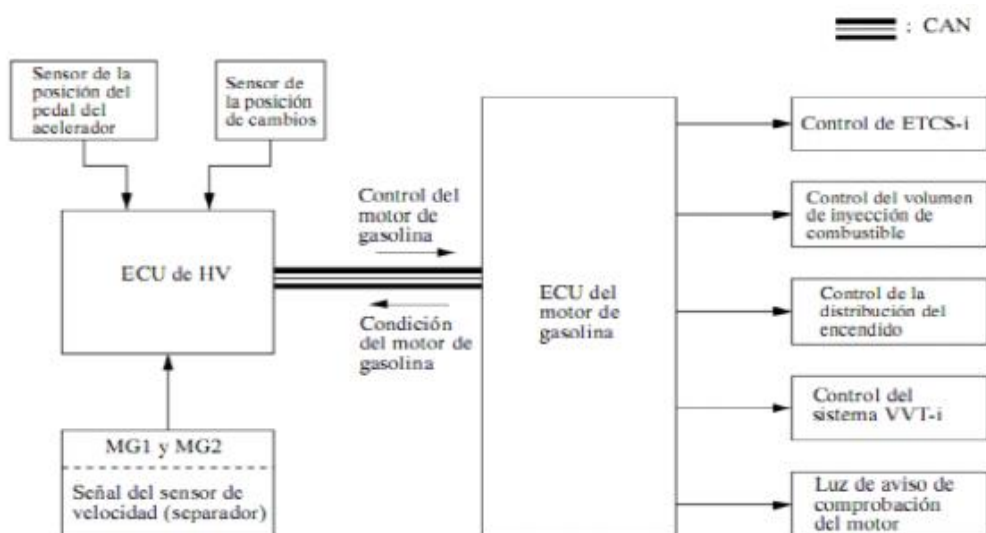


Figura 15. Esquema de las unidades de control

3.1.2. Comunicaciones

Se han adoptado las comunicaciones de *Controller Area Network* (CAN) para establecer las Comunicaciones entre las ECU principales las cuales están asociadas con el control de THS II.

• La UCE de HV

Controla los motores generadores MG1, MG2 y el motor de gasolina de acuerdo a la demanda de torsión, control de los frenos regenerativos y *State Of Charge* (SOC) de la

batería HV. Estos factores son determinados por la posición de cambios, el grado de presión del pedal del acelerador y la velocidad del vehículo.

- **ECM del motor a gasolina**

Permite encender y apagar el motor térmico cuando la unidad del HV así lo necesite, tiene similares condiciones de operación de una ECM convencional, la diferencia es que no tomala señal del sensor de posición del pedal de acelerador (APP), solo recibe el dato a través del BUS.

3.1.3. Protocolo de comunicación

Los módulos del vehículo utilizan un protocolo de comunicación con la norma ISO 15765-4, los dispositivos de los terminales del DLC3 (figura 16) cumplen con la norma SAE J1962 y comparten el formato ISO 15765-4.

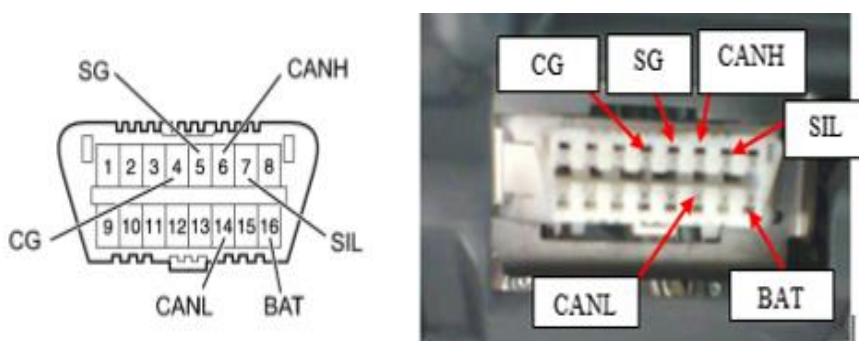


Figura 16. DLC3 del Toyota PRIUS 3G

La descripción de los terminales del DLC3 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Descripciones de los terminales del DLC3

Símbolo	Pin	Nombre	Referencia	Resultado	Condición
	2	Comunicación SAE VPW/PWM, SAE J1850	Línea positiva BUS	Alto voltaje de +5V	
CG	4	Masa del vehículo	Masa de la carrocería	1 Ω o menos	Siempre
SG	5	Masa de la señal	Masa de la carrocería	1 Ω o menos	Siempre
			14- CANL	54 a 69 Ω	Switch Apagado
CANH	6	CAN, Línea alta, SAE J2284 (CAN High)	Positivo de batería	6 k Ω o más	Switch Apagado
			4-CG	200 Ω o más	Switch Apagado
SIL	7	Comunicación ISO 9141-2 (Línea K / Línea "+" del BUS)	5-Señal de masa	Generación de pulsos	Durante la transmisión
	10	Comunicación PWM, SAE J1850	Línea negativa BUS	Alto voltaje de +5V	
			Positivo de batería	6 k Ω o más	Switch Apagado
CANL	14	CAN, Línea baja, SAE J2284 CAN Low	4-CG	200 Ω o más	Switch Apagado
	15	Comunicación ISO 9141-2 (Línea L)	Señal UART	510 Ω a VBatt	A ralentí
BAT	16	Positivo de batería	Masa de la carrocería	11 a 14 V	Siempre

3.1.4. M.C.I (Figura 17)

Posee las siguientes características:

- Cilindraje de 1.8L (2ZR-FXE).
- 4 cilindros en línea.
- Ciclo de trabajo *Atkinson*.
- Sistema de distribución de doble árbol de levas situado en la culata con sistema de distribución de válvulas variable inteligente (VVT-i).
- Cámara de combustión de tipo inclinado, la bujía se ha colocado en el centro de la cámara para mejorar el rendimiento antidetonante del motor.
- El cuerpo de aceleración es de tipo electrónico.
- La culata está fabricada en aluminio (Al)
- El bloque de cilindros está fabricado de aleaciones de (Al) al igual que la culata.
- El pistón está fabricado en aleaciones de (Al), la falda está recubierta de resina y está sujeto al brazo de biela con un bulón de tipo flotante, los rines son de baja tensión y los brazos de biela son hechos de acero para reducir peso.
- El colector de admisión está fabricado en plástico con el objetivo de reducir la transferencia de calor a la culata.
- El colector de escape y un tubo de escape son de acero inoxidable, además en el sistema de escape se han utilizado 2 convertidores catalíticos.
- El sistema de refrigeración trabaja con un sistema de circulación forzada a presión con un depósito presurizado, posee una bomba de agua eléctrica, lo que reduce las pérdidas por fricción y peso.
- La máxima potencia que entrega el motor térmico es 98HP a 5200rpm y un torque máximo 142N*m a 4000rpm (figura 18).

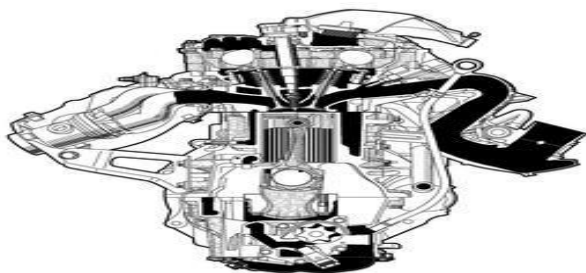


Figura 17. Motor de combustión interna 2ZR-FXE

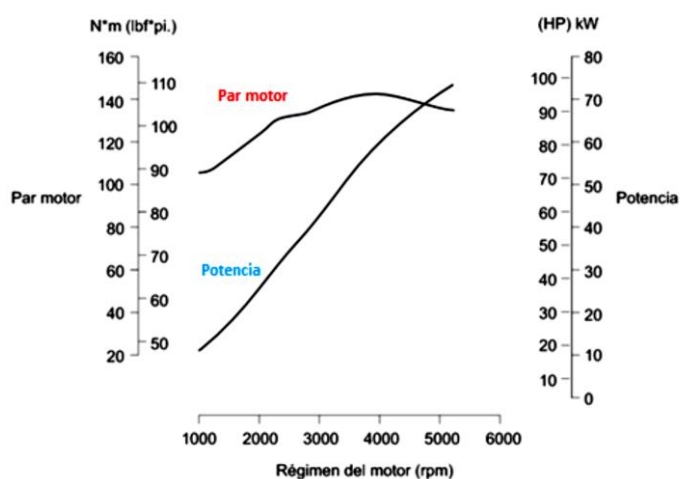


Figura 18. Potencia y par del motor 2ZR-FXE

3.1.5. Abreviaturas utilizadas por Toyota

Toyota utiliza sus propios términos para referirse a ciertos elementos que están dentro de la SAE como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Abreviaciones de SAE y Toyota

Abreviación SAE	Término SAE	Término Toyota
AP	Pedal del acelerador	_____
B+	Positivo de batería	Voltaje de batería
BARO	Presión barométrica	HAC
CARB	Carburador	Carburador
CKP	Posición del cigüeñal	Ángulo del cigüeñal
CMP	Posición del árbol de levas	Ángulo de levas
CTP	Posición cerrada de la mariposa	Ralentí encendido
DLC3	Data Link Connector3	OBDII conector de diagnóstico
DTC	Código de diagnóstico errado	Código de diagnóstico errado
ECM	Módulo de control electrónico	Unidad de control electrónico

ECT	Temperatura del refrigerante del motor	Temperatura de agua
EGR	Recirculación de gases de escape	Recirculación de gases de escape
EI	Encendido electrónico	DIS
EPROM	Memoria imborrable solo de lectura	PROM
EVAP	Emisiones evaporativas	Control de emisiones evaporativas
FP	Bomba de combustible	Bomba de combustible
GEN	Generador	Alternador
GND	Tierra/masa	Tierra/masa
HO2S	Sensor de oxígeno calentado	Sensor de oxígeno calentado
IAC	Control de aire en ralentí	ISC/ control de velocidad del ralentí
IAT	Temperatura de aire de entrada	Temperatura de aire de entrada
MAF	Flujo de la masa de aire	Flujómetro de aire
MAP	Presión absoluta del múltiple de admisión	Presión de vacío en el múltiple de admisión
MFI	Inyección multipuerto de combustible	EFI
O2S	Sensor de oxígeno	Sensor de oxígeno
OBD	ON BOARD DIAGNOSTIC	ON BOARD DIAGNOSTIC
TB	Cuerpo de aceleración	Cuerpo de aceleración
TP	Posición de la mariposa	Posición de la mariposa
TWC	Convertidor catalítico de tres vías	Catalizador de tres vías
VSS	Sensor de velocidad del vehículo	Sensor de velocidad del vehículo
SLLC	-	Super Long Life Coolant

3.1.6. Componentes del M.C.I

• Tapa de la culata

La tapa de culata troquelada de aluminio muy resistente y ligero, el tubo de descarga de aceite está instalado en el interior de la tapa de culata, lo cual garantiza la lubricación de las partes deslizantes del balancín de rodillo, mejorando la fiabilidad (figura 19).

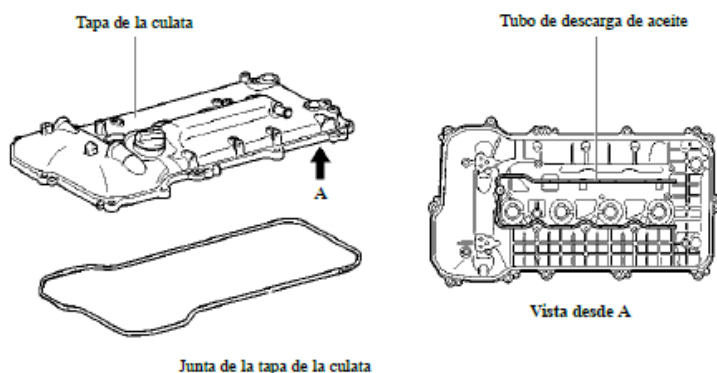


Figura 19. Vista de la tapa de culata

• Culata

La estructura de la culata se simplifica mediante la separación del alojamiento del árbol de levas (parte del muñón de la leva) de la culata. La culata, fabricada en aluminio, contiene cámaras de combustión de tipo techo inclinado. La bujía se ha colocado en el centro de la cámara de combustión (figura 20).

El ángulo de las válvulas de admisión y escape se reduce hasta fijarse en 29° (figura 21), consiguiéndose así una culata más compacta.

Se utilizan bujías con rosca de tamaño M12 para aumentar el diámetro de las válvulas de admisión y escape.

En la culata se han instalado inyectores de boquillas largas para reducir la distancia desde el inyector hasta la válvula de admisión, evitando de esta forma que el combustible se adhiera a las paredes del orificio de admisión y reduciendo las emisiones de escape.

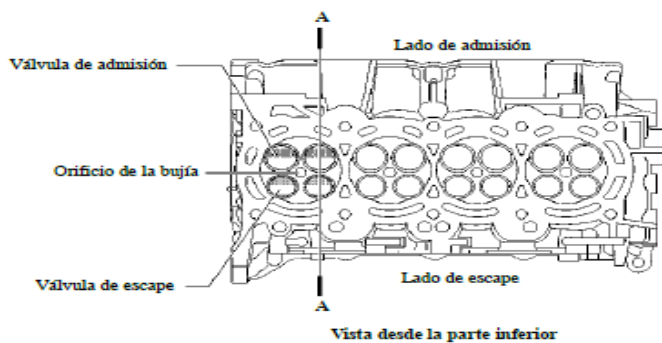


Figura 20. Vista desde la parte inferior de la culata

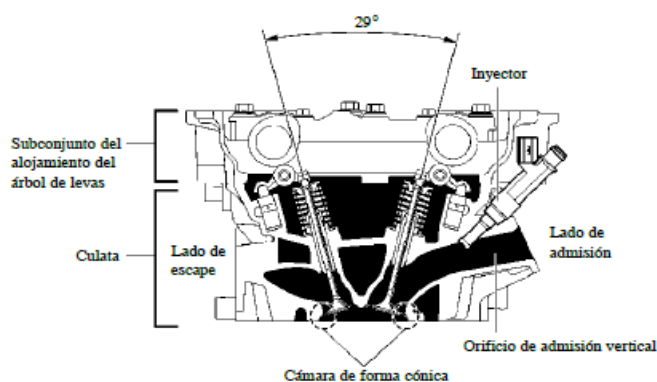


Figura 21. Sección transversal de la culata

• Bloque de cilindros

Se utiliza un bloque de cilindros de aluminio con 7 mm de distancia entre los diámetros interiores de los cilindros, se incluye un separador de aceite en el conducto de paso de los gases dentro del bloque (figura 22), de este modo se separa el aceite del motor de los gases de escape de la cámara de explosión al cárter con el fin de reducir la degradación y reduce el consumo de aceite del motor.

Posee un forro del tipo espinoso y han sido fabricados de forma que la fundición exterior forma una superficie irregular de gran tamaño que mejora la adhesión entre los forros y el bloque de cilindros, con este forro es imposible rectificar el bloque.

Gracias al cigüeñal excéntrico (figura 23), el centro del diámetro interior se desplaza 8mm hacia el tubo de admisión, en relación con el centro del cigüeñal.

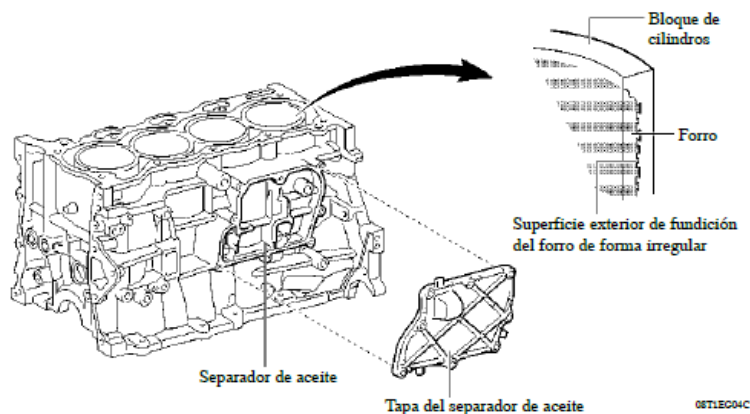


Figura 22. Sección del Bloque de cilindros

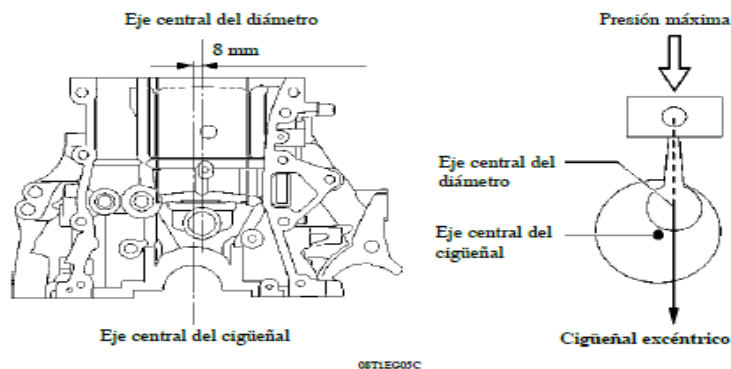


Figura 23. Cigüeñal excéntrico

• Pistón

Los pistones están fabricados con una aleación de aluminio que los hace compactos y ligeros, la parte superior de los pistones es de diseño cónico para asegurar el mayor rendimiento en el consumo de combustible. Los bulones son de tipo flotante, la ranura del anillo superior anodizada de mayor resistencia a la abrasión, se utiliza segmentos de pistón de baja tensión para reducir la fricción.

El anillo de compresión n°1, con forma de bisel interior para reducir la recirculación de gases, se ha aplicado un revestimiento de deposición física en fase vapor (PVD) en la superficie del anillo de compresión n°1 y del anillo de lubricación para mejorar su resistencia al desgaste (figura 24).

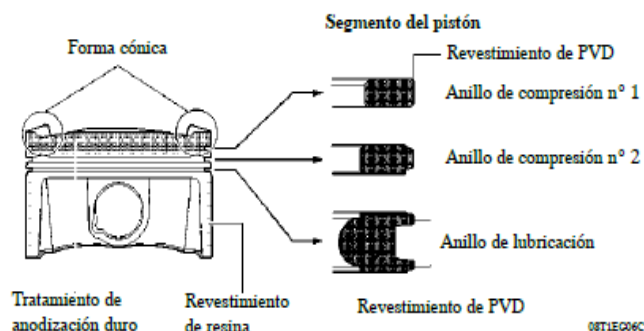


Figura 24. Sección del pistón

• Biela y cojinete

Las bielas son fabricadas en acero ultrarresistente para reducir el peso, los pernos de apriete con parte de plástico de diseño más ligero, se ha mejorado la anchura de las bielas para reducir la fricción, la superficie de revestimiento de los cojinetes de las bielas se ha marcado con microranuras (figura 25) para conseguir una evacuación óptima del aceite, como resultado, el rendimiento del arranque en frío mejora al mismo tiempo que se reduce la vibración del motor.

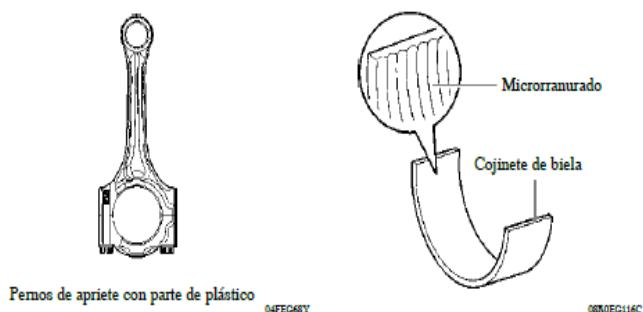


Figura 25. Sección de la biela y cojinete

• Cigüeñal y cojinete

El cigüeñal dispone de 5 muñones principales de apoyo y 8 contrapesos (figura 26), se ha mejorado la anchura de los cojinetes del cigüeñal para reducir la fricción, los pasadores y muñones se han fabricado con mayor precisión y se ha minimizado la rugosidad de su superficie.

La superficie de revestimiento del cojinete del cigüeñal tiene una microranura que permite optimizar la holgura de aceite, se ha añadido una ranura de engrase en la parte

superior de cada cojinete principal, la ranura de engrase es profunda en el centro y más llana en los laterales para reducir la cantidad de aceite que se escapa del cojinete del cigüeñal (figura 27), como resultado de esto las dimensiones de la bomba de aceite es menor.

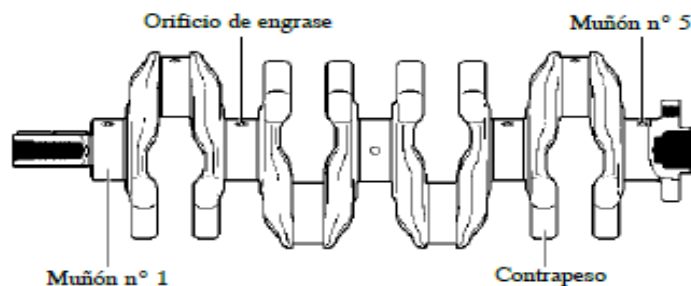


Figura 26. Muñones y contrapesos del cigüeñal

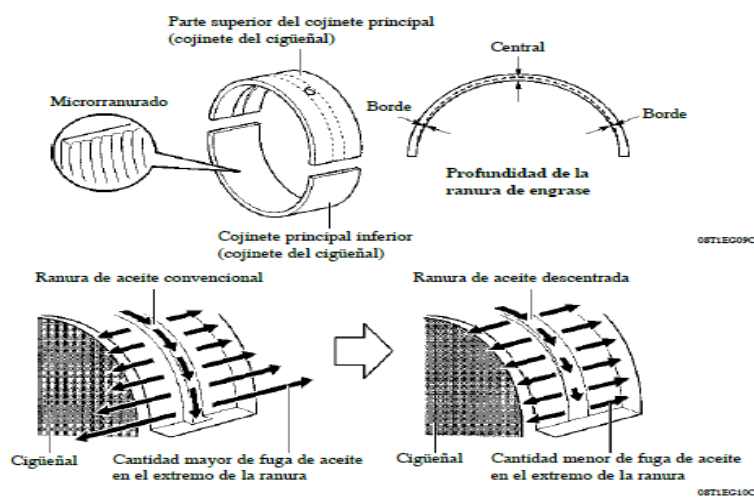


Figura 27. Ranuras de engrase del cojinete

• Cáster de aceite

El cáster de aceite n°1 (conjunto del larguero del cigüeñal) es fabricado en aleación de aluminio, el depósito de aceite es fabricado en acero. El conjunto de la bomba de aceite está instalado en el larguero del cigüeñal para que sea más compacto el motor.

Con el fin de facilitar el mantenimiento se ha diseñado el cáster para que resulte posible extraerlo sin tener que retirar la bomba de aceite. Se han instalado conductos de aceite en el cáster n°1 que permiten el paso de aceite desde el subconjunto de la culata, a través del subconjunto del bloque de cilindro, y hacia la zona inferior de la placa deflectora

para evitar que el aceite del motor se agite debido a la rotación del cigüeñal (figura 28).

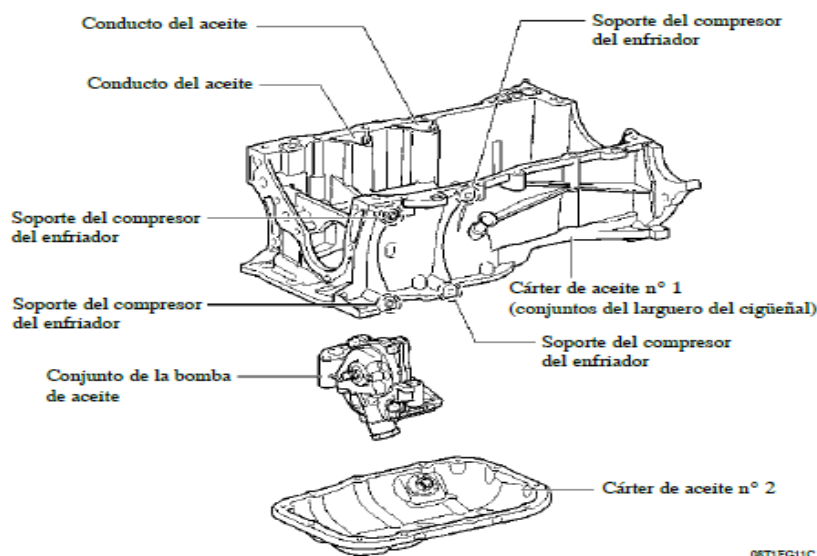


Figura 28. Vista del cárter de motor

3.1.7. Ciclo Atkinson

En el año de 1887 James Atkinson lo inventa. Se trata de un diseño basado en un motor ciclo Otto para evadir la patente que protegía al motor de cuatro tiempos, en ese entonces no se llegó a dar el uso que se esperaba, pero en los últimos años se lo ha recuperado en la utilización de vehículos híbridos.

Tiempo de admisión: el tiempo de admisión trabaja de manera similar que un motor de ciclo Otto.

Tiempo de compresión - reflujo de gases: el pistón se encuentra en el PMI, e inicia su carrera ascendente, la válvula de admisión se encuentra abierta durante una parte de la carrera en ascenso del pistón de tal manera que existe un retorno de la mezcla al múltiple de admisión (figura 29).

Tiempo de compresión: la válvula de admisión se cierra, momento en el que la mezcla es comprimida, el cierre de la válvula determina su relación de compresión total.

Tiempo de explosión: el tiempo de explosión se realiza de manera similar que el ciclo Otto.

Tiempo de escape: de la misma manera que en un ciclo Otto la válvula de escape se abre para permitir la salida de los gases combustionados.

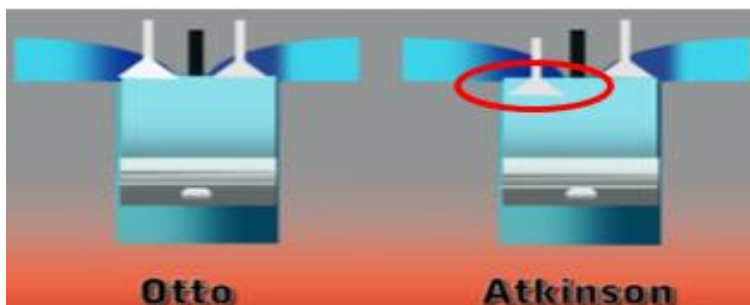


Figura 29. Tiempo de compresión del ciclo Atkinson respecto al ciclo Otto

3.1.8. Sistemas del motor

• Sistema de combustible

Inyector de combustible

El inyector de combustible tiene forma de boquilla larga. Esto permite acortar la distancia del inyector de combustible a las válvulas de admisión, lo que reduce las emisiones de HC, el inyector de combustible es de 12 orificios (figura 30), la bomba de combustible compacta con el filtro de combustible, regulador de presión, recipiente de carbón activo y medidor del sensor del nivel de combustible integrado.

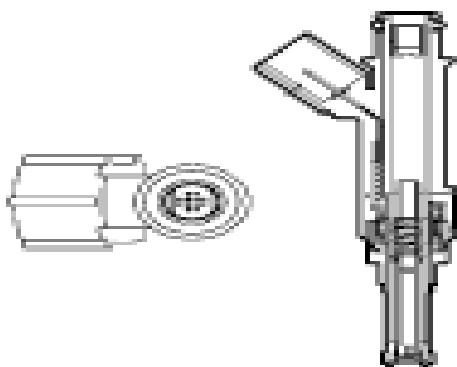


Figura 30. Gráfico del inyector de combustible

Bomba de combustible

El módulo de la bomba de combustible tiene un recipiente de carbón activo integrado para garantizar un uso efectivo del espacio en el comportamiento del motor (figura 31).

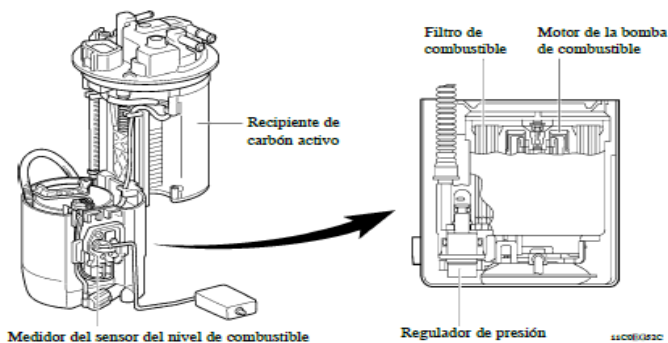


Figura 31. Partes de la bomba de combustible

Control de la bomba de combustible

El sistema de control del corte de combustible detiene la bomba de combustible cuando se despliega cualquiera de los airbag del SRS.

Cuando el ECM detecta la señal de despliegue procedente del conjunto de la ECU del airbag, desactiva el relé de apertura del circuito del ECM (figura 32).

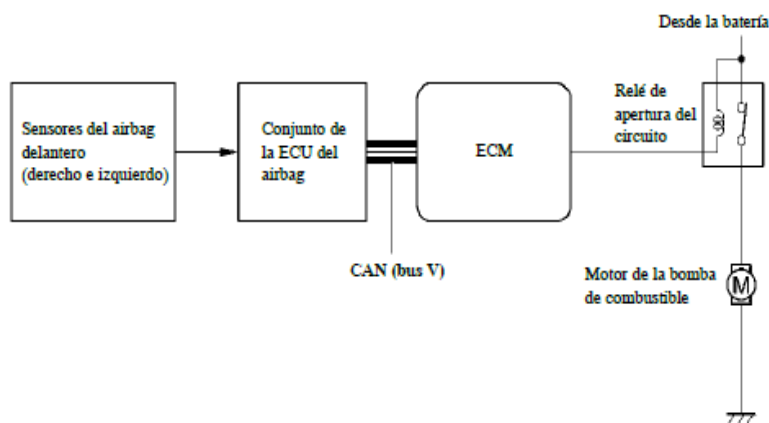


Figura 32. Circuito del control de la bomba de combustible

Sistema sin retorno de combustible

El sistema sin retorno de combustible reduce las emisiones evaporables. Como se muestra en la figura 33, la integración del filtro de combustible, el regulador de presión y el medidor del transmisor de combustible con la bomba de combustible posibilitan el retorno discontinuo del combustible desde el motor, lo que evita el aumento de la temperatura en el interior del depósito. Esto reduce la generación de emisiones evaporables en el depósito de combustible.

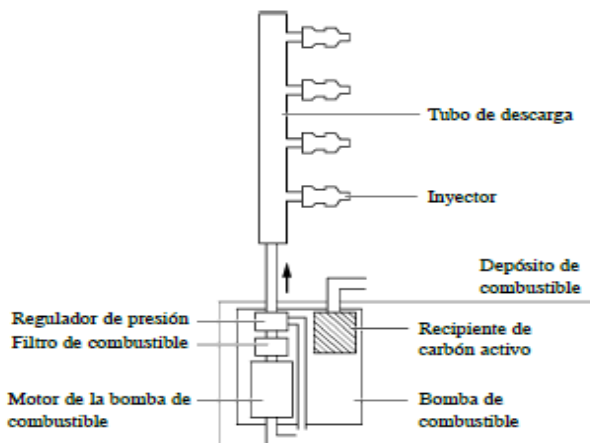


Figura 33. Sistema sin retorno de combustible

Depósito de combustible: fabricado de plástico de capas múltiples que consta de seis capas de cuatro tipos de materiales (figura 34).

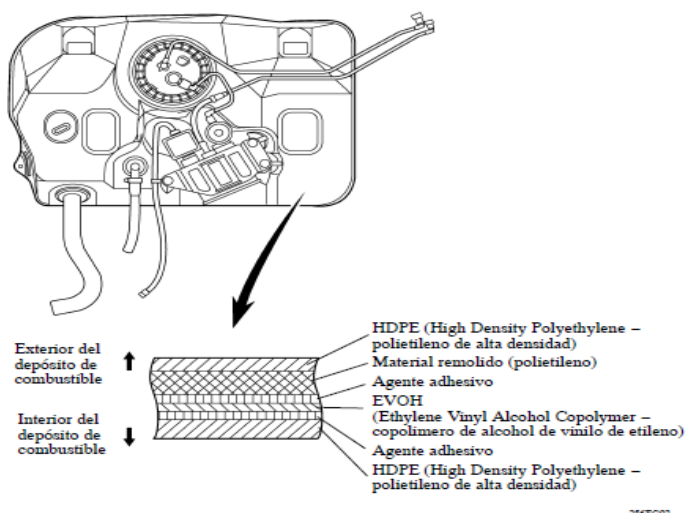


Figura 34. Partes del depósito de combustible

Sistema de inyección de combustible multipunto secuencial (SFI)

El sistema de inyección de combustible secuencial (SFI) de tipo L detecta directamente el volumen de aire de admisión mediante un medidor del caudal de masa de aire térmico.

Además, para proteger el motor y ahorrar combustible, el sistema utiliza un sistema de corte del combustible en el que la inyección de combustible se detiene temporalmente

de acuerdo con las condiciones de conducción.

• Sistema de admisión y de escape

Utiliza un colector de admisión de plástico que permite reducir el peso, el colector de escape es de acero inoxidable, se utiliza un cuerpo de mariposa sin articulaciones, para este diseño se utilizan 2 convertidores catalíticos de tres vías (TWC).

Colector de admisión

Está hecho de plástico para reducir el calor precedente de la culata, de esta manera se ha podido reducir la temperatura del aire de admisión y lograr un excelente rendimiento volumétrico, la junta de tipo engranaje reduce el ruido de la admisión (figura 35).

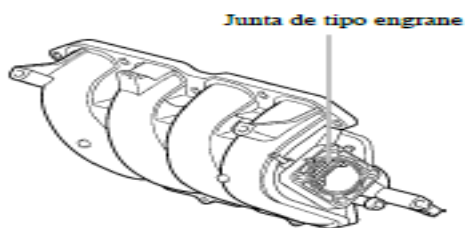


Figura 35. Colector de admisión

Colector de escape

Es de acero inoxidable para reducir peso, en el motor 2ZR-FXE se emplea un colector de escape de orificio semilargo para reducir las transferencias de los impulsos de escape en el colector (figura 36).

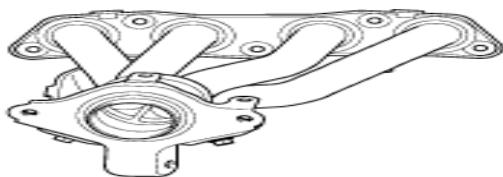


Figura 36. Colector de los gases de escape

Tubo de escape

Los 2 TWC aseguran el rendimiento del sistema de control de las emisiones de escape (figura 37), las 2 juntas esféricas unen el colector de escape al tubo delantero, y el tubo

delantero al tubo de escape, de esta manera se consigue una estructura sencilla y una mayor fiabilidad.

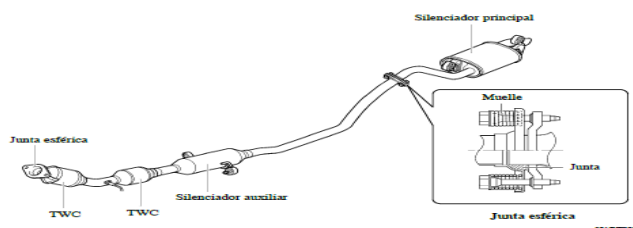


Figura 37. Diseño del tubo de escape

• Sistema de enfriamiento

El radiador para el motor de gasolina y el radiador para el inversor se han integrado para minimizar el espacio que ocupan en el compartimento del motor, se ha adoptado el refrigerante de súper larga duración genuino de Toyota (SLLC), como resultado se han extendido los intervalos de mantenimiento.

El SLLC está premezclado (50% refrigerante y 50% agua destilada), por lo que no se requiere la dilución cuando se añade o se reemplaza el SLLC en el vehículo, las especificaciones del SLLC se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Especificaciones del líquido refrigerante

Modelo	PRIUS 3G
Capacidad en litros	5,5
Refrigerante del motor de gasolina	Refrigerante de súper larga duración genuino de Toyota SLLC
Tipo	
Color	Rosa
Intervalos de Mantenimiento	Primera vez 160000 Km Después Cada 80000 Km
Termostato	Temperatura de apertura en °C 80 - 84

Radiador

El PRIUS 3G ha adoptado un módulo de enfriamiento en el que el radiador se ha integrado con un segundo radiador para el inversor, como resultado, se ha minimizado el espacio que ocupan en el compartimiento del motor (figura 38).

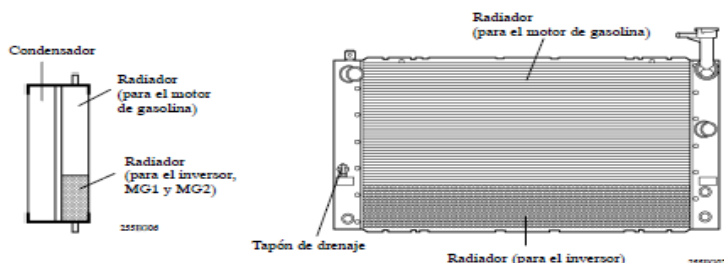


Figura 38. Radiador del Toyota PRIUS

3.1.9. Sistema de control del ventilador de refrigeración

Para lograr una velocidad óptima del ventilador en función de la temperatura del refrigerante del motor, la velocidad del vehículo, el régimen del motor y las condiciones de funcionamiento del aire acondicionado, el ECM determina la velocidad adecuada y envía las señales a la ECU del ventilador de refrigeración. Al recibir estas señales del ECM, la ECU del ventilador acciona los motores (figura 39).

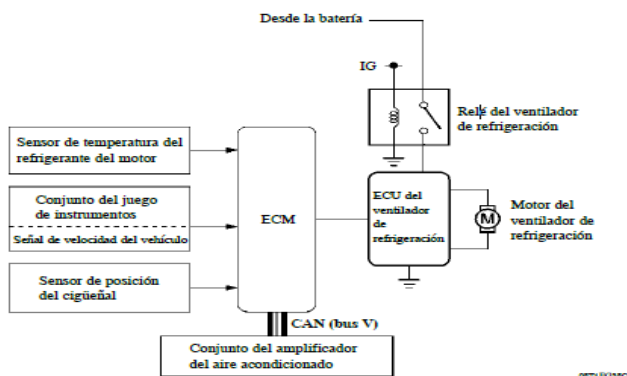


Figura 39. Circuito de control del ventilador de refrigeración

3.1.10. Sistema de encendido

Se ha utilizado un sistema de encendido directo (DIS). El DIS mejora la precisión del ajuste de encendido, reduce la pérdida de alta tensión y aumenta la fiabilidad del

sistema de encendido en general. El DIS es un sistema de encendido independiente, con una bobina de encendido por cada cilindro (figura 40).

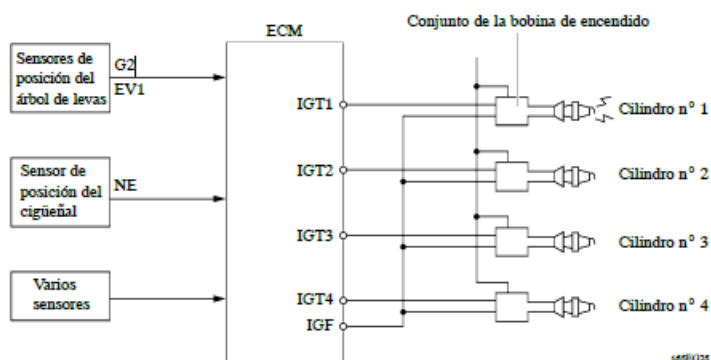


Figura 40. Sistema de encendido

Conjunto de la bobina de encendido

Incluye 4 conjuntos de bobinas de encendido, uno por cada cilindro. Los protectores de las bujías están integrados en las bobinas de encendido (figura 41).

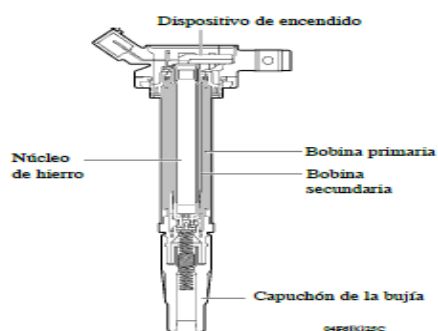


Figura 41. Estructura de la bobina

Bobina COP con módulo

Incorpora el tipo de bobina independiente COP, la cual tiene integrado el módulo que genera una señal de feedback al PCM cada vez que se genera una inducción correcta en el primario de la bobina.

Para esto su diseño dispone de un circuito que genera una señal hacia el PCM cada vez que el PCM coloca un pulso en el transistor de potencia y la inducción ocurre correctamente (figura 42).

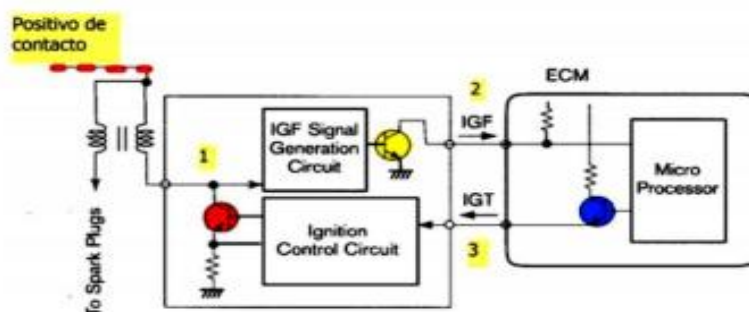


Figura 42. Circuito de la bobina con módulo incorporado

En los puntos 1 y 2 se tiene que cada vez que ocurre un momento de inducción dentro de unos parámetros considerados aceptables por el IGF, este módulo IGF excita al transistor amarillo para que coloque voltaje a masa en la línea marcada con 2 (figura 43).

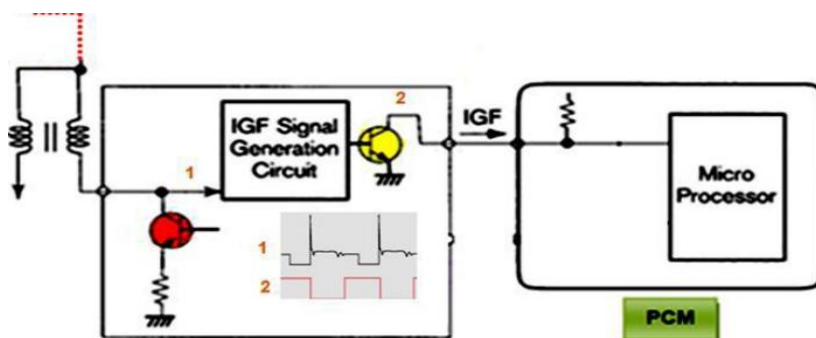


Figura 43. Generación de la señal IGF

Bujía de encendido

Son de punta de iridio de largo alcance y electrodo fino, este tipo de bujía permite hacer más gruesa la zona de la culata que recibe las bujías, de esta forma la camisa de agua puede extenderse hacia la cámara de combustión, lo que permite mejorar el rendimiento del sistema de refrigeración (figura 44).

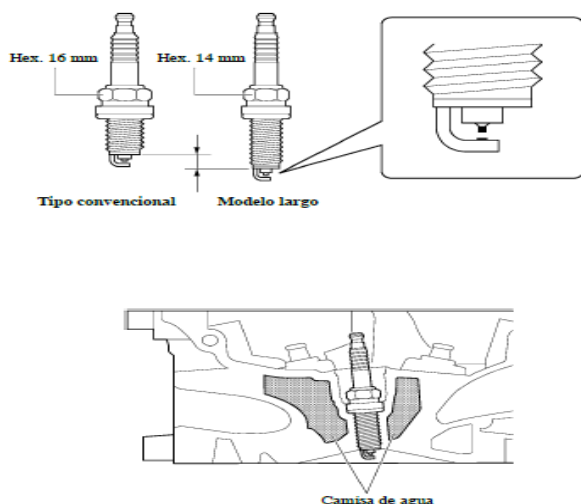


Figura 44. Bujía de encendido

3.1.11. Sistema de distribución

El motor utiliza el sistema de sincronización variable inteligente de las válvulas (VVT-i), el cual, mediante el control del árbol de levas, realiza la sincronización óptima de las válvulas según las condiciones de conducción.

El árbol de levas de admisión y el árbol de levas de escape (figura 45) se impulsan mediante una cadena de distribución, utiliza balancines de rodillo (subconjunto del balancín de rodillo) con cojinetes de aguja integrados.

De esta manera se consigue reducir la fricción que se produce entre las levas y las zonas de los balancines de rodillo que empujan a las válvulas hacia abajo, así como el consumo de combustible. Los dispositivos hidráulicos de ajuste de la holgura mantienen constantemente una holgura de válvulas nula mediante la presión del aceite y la fuerza del muelle.

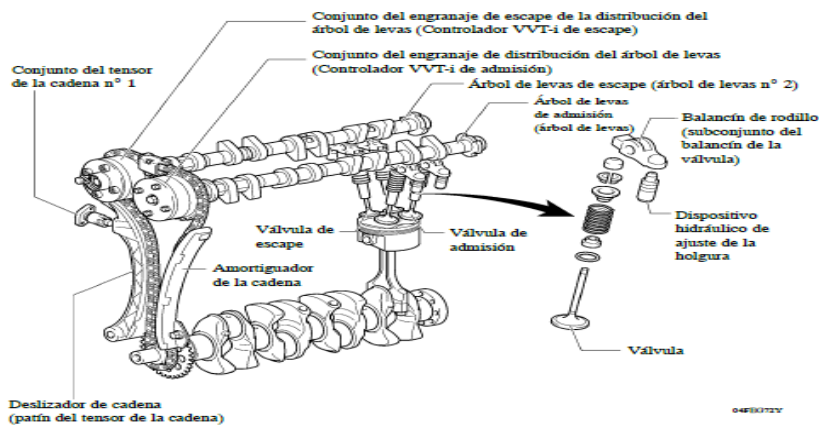


Figura 45. Sistema de distribución variable de válvulas

Árbol de levas

Se ha incorporado un conducto de aceite en los árboles de levas de admisión y escape para poder suministrar aceite de motor al sistema VVT-i.

Además de incorporar los balancines de rodillos, se ha optimizado el perfil de las levas, lo que permite una mayor carrera de la válvula cuando esta comienza a abrirse y termina de cerrarse, mejorándose la potencia de salida. Posee un rotor de sincronización para el sensor de posición del árbol de levas en el extremo posterior del árbol de levas (figura 46).

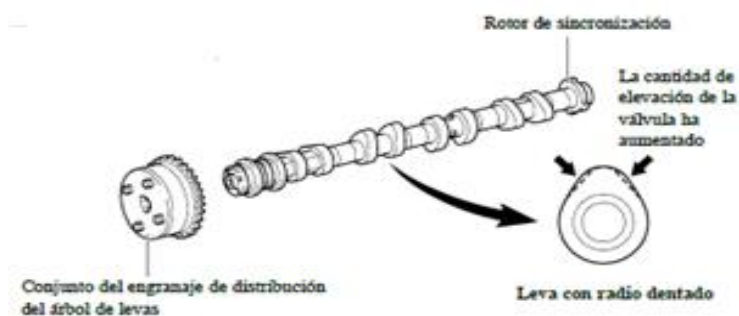


Figura 46. Árbol de levas del sistema VVT-i

Cadena de distribución y tensor de cadena

El conjunto del tensor de cadena utiliza un muelle y la presión del aceite para mantener la tensión adecuada de la cadena en todo momento.

El conjunto del tensor de la cadena elimina el ruido generado por la cadena de distribución, es un tensor de trinquete con mecanismo sin retorno.

Tensor de la cadena diseñado de modo que pueda ser extraído e instalado desde el exterior del subconjunto de la tapa de la cadena de distribución con objeto de lograr una funcionalidad óptima (figura 47).

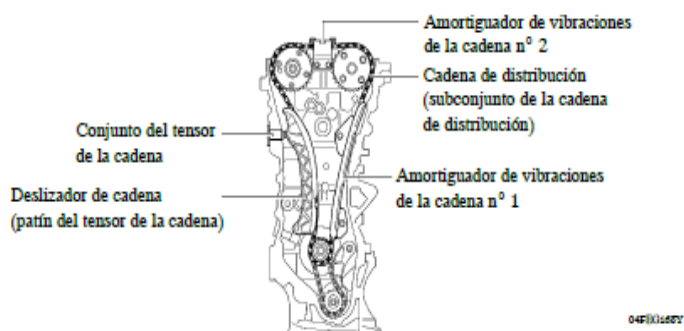


Figura 47. Cadena de distribución y tensor

Subconjunto de la tapa de la cadena de distribución

El subconjunto de la tapa de la cadena de distribución es de aluminio fundido. El subconjunto lleva una estructura integrada que cuenta con el sistema de refrigeración (bomba de agua y conducto de agua). De esta forma se ha reducido el número de piezas y, consecuentemente, el peso (figura 48).

Se incorpora un conductor de aceite en el interior del subconjunto de la tapa de la cadena de distribución para simplificar el paso de aceite, un inyector de aceite en el subconjunto de la tapa de la cadena de distribución y se ha añadido un medidor de tensión.

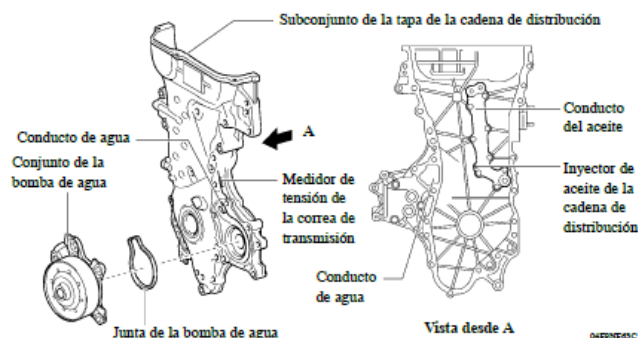


Figura 48. Esquema del subconjunto de la tapa de la cadena de distribución

3.1.12. Sistema inteligente de sincronización variable de válvulas (VVT-i)

Está concebido para controlar el árbol de levas para lograr una sincronización de las válvulas que se ajuste perfectamente a las condiciones de funcionamiento del motor, puede cerrar la válvula de admisión entre 78° y 105° después del PMI. Con ello se mejora el par en todas las gamas de velocidad y se reducen el consumo de combustible y las emisiones de escape (figura 49).

El ECM utiliza el régimen del motor, la masa del aire de admisión, la posición de la mariposa y la temperatura del refrigerante del motor para calcular la sincronización óptima de las válvulas para cada estado de conducción (sincronización de la válvula deseada) (figura 49).

El ECM utiliza esta distribución calculada para controlar las válvulas reguladoras de aceite de la distribución del árbol de levas. Además, el ECM se basa también en las señales procedentes del sensor de posición del árbol de levas y los sensores de posición del cigüeñal para detectar la sincronización real de las válvulas, proporcionando así un control de la retroalimentación para lograr la sincronización deseada de las válvulas.

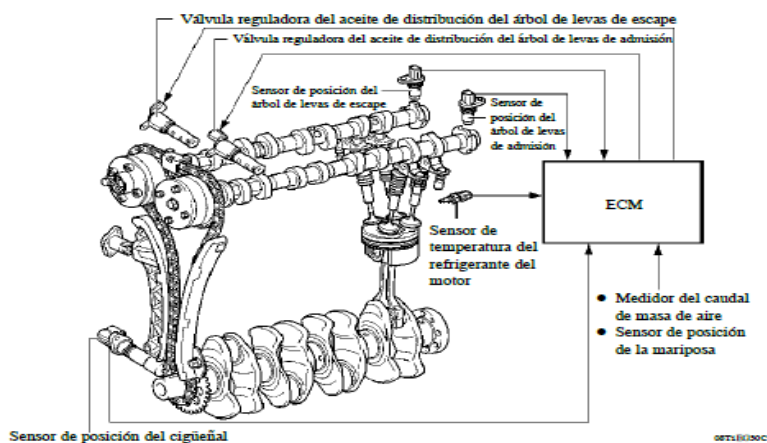


Figura 49. Esquema de trabajo del VVT-i

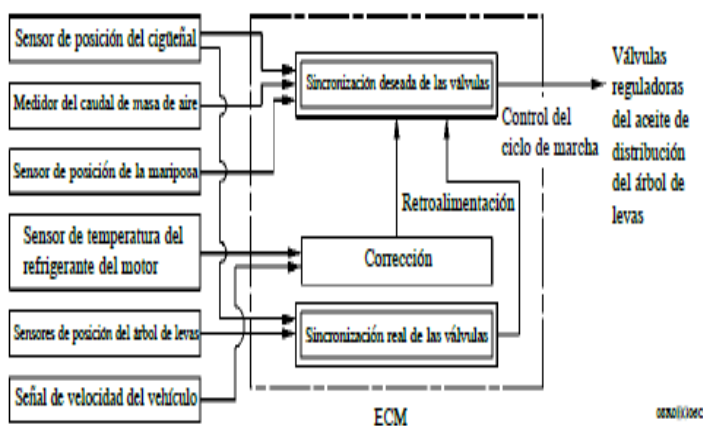


Figura 50. Sincronización de las válvulas

Estructura

Todos los controladores constan del alojamiento accionado desde la cadena de distribución y la paleta, acoplada con el árbol de levas de admisión o escape.

La presión del aceite enviado desde las zonas de avance y retardo del árbol de levas de admisión provoca una rotación del conjunto del engranaje de distribución del árbol de levas (controlador de la VVT-i) en la dirección circunferencial de la paleta que varía constantemente la sincronización de las válvulas.

Cuando se detiene el motor, un pasador de fijación bloquea el árbol de levas de admisión en la posición de retardo máximo (figura 51).

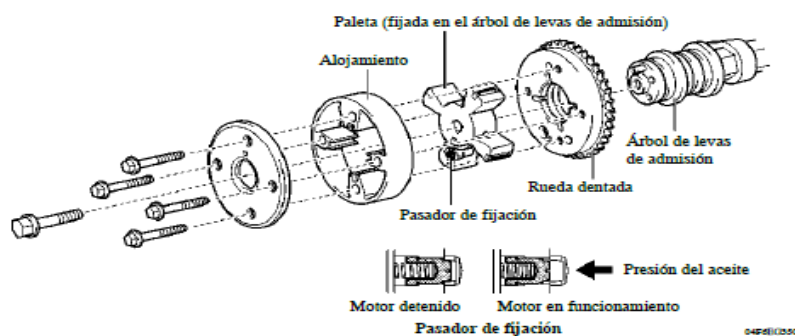


Figura 51. Conjunto del actuador de distribución de lado de admisión y escape

Válvula reguladora del aceite de distribución del árbol de levas

La válvula reguladora de aceite de la distribución del árbol de levas controla el flujo de aceite del conjunto del engranaje de distribución con su válvula de carrete utilizando el control del ciclo de marcha del ECM, esto permite que la presión hidráulica se aplique en el lado de avance o retardo del conjunto del engranaje de distribución del árbol de levas.

Cuando se detiene el motor, la válvula reguladora de aceite de la distribución del árbol de levas se detiene en la posición de retardo (Figura 52).

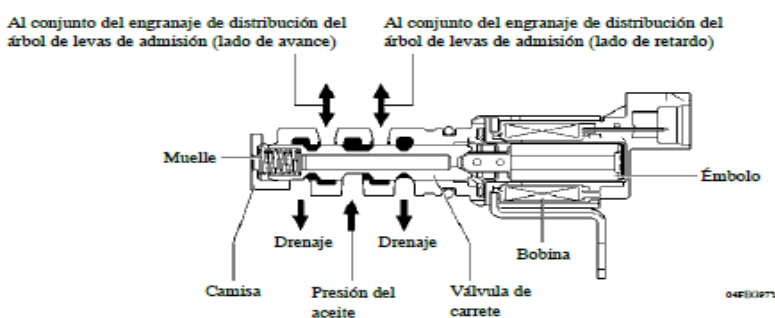


Figura 52. Válvula reguladora de aceite, admisión y escape

Funcionamiento

Avance: cuando la válvula reguladora de aceite de la distribución del árbol de levas se coloca en la posición mostrada en la figura 52, por las señales de avance procedentes del ECM, la presión del aceite resultante se aplica a la cámara de paletas del lado de avance de la distribución para hacer girar el árbol de levas en la dirección de dicho avance.

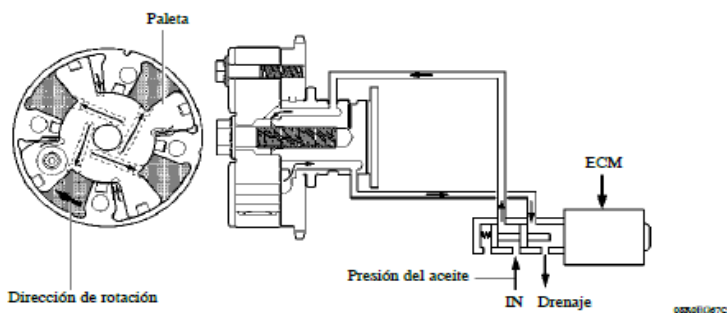


Figura 53. Funcionamiento de la válvula reguladora en avance

Retardo: Cuando la válvula reguladora de aceite de la distribución del árbol de levas se coloca en la posición mostrada en la figura 54, por las señales de retardo procedentes del ECM, la presión del aceite resultante se aplica a la cámara de paletas del lado de retardo de la distribución para hacer girar el árbol de levas en la dirección de dicho retardo.

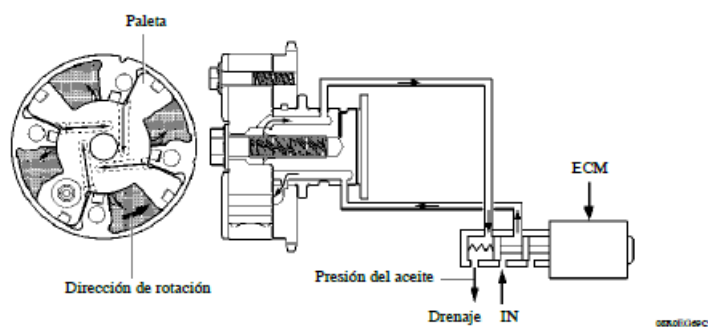


Figura 54. Funcionamiento de la válvula reguladora en retardo

3.1.13. Sistema de control electrónico inteligente de la mariposa (ETCS-i)

El ETCS-i utiliza el ECM para calcular el valor óptimo de apertura de la válvula de mariposa apropiado a las condiciones de conducción y utiliza un motor de control de la mariposa para regular dicho ángulo (figura 55). El sistema ETCS-i tiene las siguientes funciones:

- Control del acelerador normal.
- Control del régimen de ralentí.

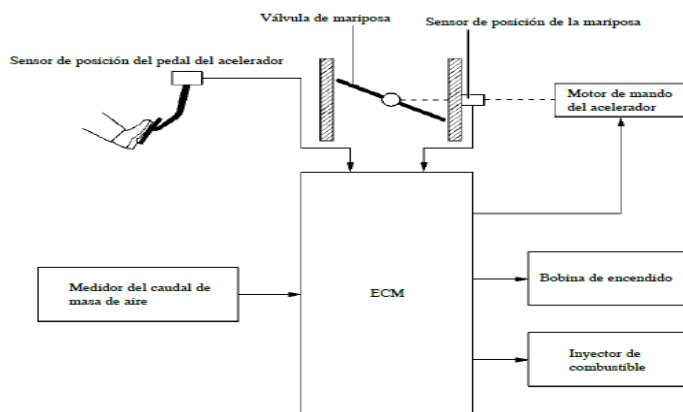


Figura 55. Esquema del sistema

Conjunto del cuerpo de la mariposa

Es de tipo sin uniones, lo cual permite un control excelente de la aceleración.

El motor de mando del acelerador (figura 56) utiliza un motor de CC de respuesta inmediata y consumo mínimo de energía. El ECM controla el ciclo de marcha de dirección y el amperaje de la corriente que fluye hacia el motor de mando del acelerador, con el objeto de regular el ángulo de apertura de la válvula de admisión.

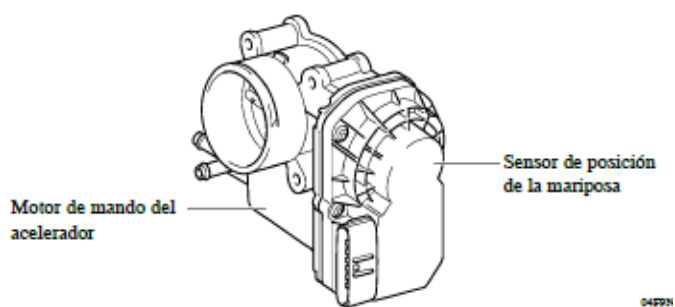


Figura 56. Partes del cuerpo de aceleración

Sensor de posición del pedal del acelerador

Se ha incorporado un sensor de posición del pedal del acelerador de tipo sin contacto. Este sensor utiliza un circuito integrado Hall montado en el conjunto del pedal del acelerador.

La horquilla magnética que está montada en el brazo del pedal del acelerador gira alrededor del circuito integrado Hall conforme a la cantidad de presión aplicada sobre el pedal del acelerador (figura 57).

El circuito integrado Hall convierte los cambios en el flujo magnético en señales eléctricas y las emite hacia el ECM, contiene circuitos para las señales principales y secundarias. Este sensor convierte el ángulo de inclinación del pedal del acelerador en 2 señales eléctricas con características distintas y las envía al ECM (figura 58).

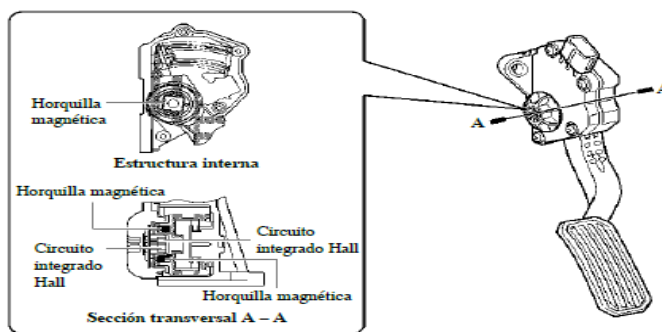


Figura 57. Esquema del sensor del pedal de aceleración

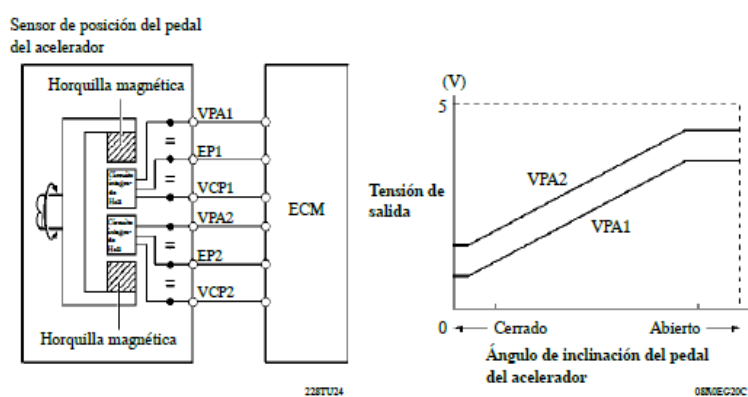


Figura 58. Circuito del sensor de posición del pedal de aceleración

Componentes principales del sistema de mando del motor

• Medidor del caudal de masa de aire

Este compacto y ligero medidor del caudal de masa de aire de enchufe permite el paso de una parte del aire de admisión a través del área de detección. Gracias a la medición directa del caudal de masa y del caudal de aire de admisión.

Este medidor del caudal de masa de aire cuenta con un sensor de temperatura del aire de admisión incorporado (figura 59).

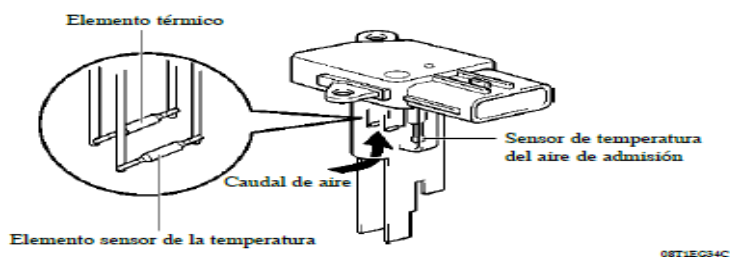


Figura 59. Medidor de caudal de aire

Sensores de posición del cigüeñal y el árbol de levas

Se utiliza un sensor de posición del cigüeñal del tipo bobina de captación. El rotor de sincronización del cigüeñal consta de 34 dientes, con 2 dientes ausentes. El sensor de posición del cigüeñal emite las señales de rotación del cigüeñal cada 10°, y los dientes que faltan sirven para determinar el punto muerto superior.

Sensores de posición del árbol de levas de admisión y escape de elemento de resistencia magnética (MRE). Para detectar la posición del árbol de levas, se emplea un rotor de sincronización en el árbol de levas de admisión (figura 60).

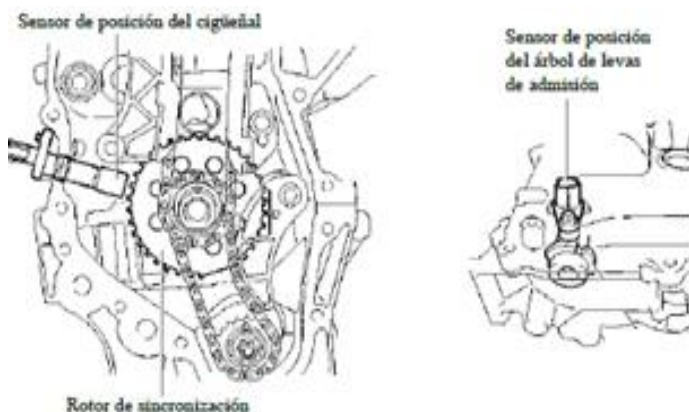


Figura 60. Sensores CKP y CMP

Sensor de posición de la mariposa

Se ha incorporado un sensor de posición de la mariposa de tipo sin contacto. Este sensor utiliza un circuito integrado Hall que se monta en el conjunto del cuerpo de la mariposa.

El circuito integrado Hall está rodeado por una horquilla magnética, convierte los cambios acontecidos durante el flujo magnético en señales eléctricas.

El circuito integrado Hall contiene circuitos para las señales principales y secundarias. Este sensor convierte el ángulo de apertura de la válvula de mariposa en 2 señales eléctricas con 2 características distintas y las envía al ECM (figura 61).

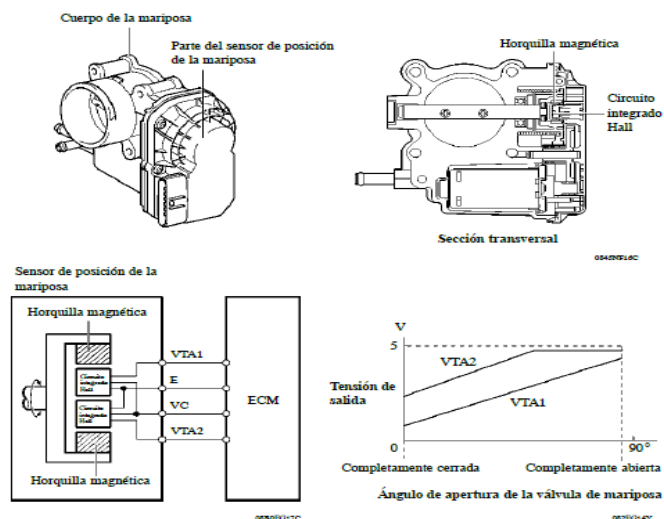


Figura 61. Esquema y circuito del sensor TPS

Sensor de control de detonaciones (tipo plano)

Los sensores de control de detonaciones de tipo plano son capaces de detectar vibraciones en una banda de frecuencias más anchas, desde 6kHz y 15kHz aproximadamente y tiene las siguientes características: la frecuencia de detonación del motor cambia ligeramente según el régimen del mismo, puede detectar las vibraciones aunque cambie la frecuencia de detonaciones del motor, y por último permite un control más preciso del ajuste del encendido.

Estructura: en el interior del sensor hay un contrapeso de acero en la parte superior y un elemento piezoeléctrico debajo del peso con un aislante entre el peso y el elemento, se ha integrado un resistor de detección de circuitos abiertos/cortocircuitos (figura 62).

La vibración producida por la detonación se transmite al peso de acero, y su inercia aplica presión al elemento piezoeléctrico, la fuerza aplicada por la presión del peso de acero genera tensión.



Figura 62. Estructura del sensor de detonación

Sensor de relación aire/combustible y sensor de oxígeno calentado

Difieren en sus características de rendimiento (figura 63). Se aplican constantemente unos 0,4V sobre el sensor de relación aire/combustible, que ofrece un amperaje de salida que varía según la concentración de oxígeno en la emisión de escape. El ECM convierte los cambios del amperaje de salida en tensión, para así detectar de forma lineal la relación actual aire/combustible.

La tensión de salida del sensor de oxígeno calentado cambia conforme a la concentración de oxígeno en las emisiones de escape. El ECM utiliza esa tensión de salida para determinar si la relación actual aire/combustible es más rica o más pobre que la relación estequiométrica.

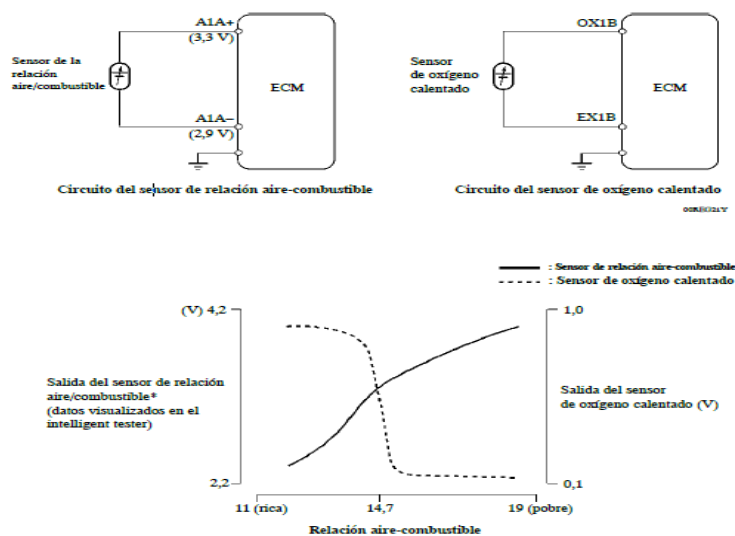


Figura 63. Gráfica y circuitos de los sensores de oxígeno y relación aire combustible

Estructura: Se utiliza un sensor de relación aire/combustible plano (figura 64) y un sensor de oxígeno calentado cóncavo (figura 65).

El sensor plano de la relación aire/combustible lleva alúmina, un material de excelentes características en cuanto a conductividad del calor y aislamiento eléctrico, para integrar el sensor con el calentador, lo que mejora la capacidad de calentamiento del sensor.

El sensor de oxígeno calentado de tipo copa contiene un elemento que rodea el calentador.

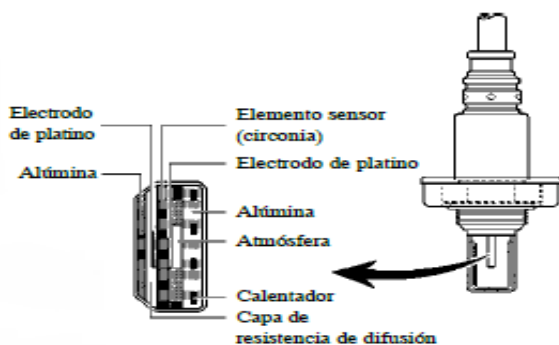
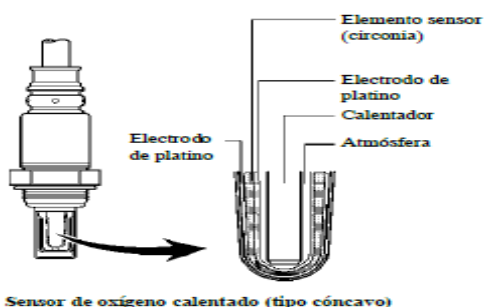


Figura 64. Sensor de relación aire/combustible



Sensor de oxígeno calentado (tipo cóncavo)

Figura 65. Sensor de oxígeno

3.2. Inspecciones de los controladores del M.C.I

• Acciones cuando la batería esta descargada

Utiliza una batería auxiliar de 12V, los siguientes problemas indican que la batería está descargada:

No aparece ninguna pantalla en el tablero de instrumentos cuando el interruptor de alimentación está encendido.

El sistema híbrido no arranca.

Las luces son tenues.

La posición de parking no puede desacoplarse.

Nunca debe utilizarse un cargador rápido, el método para recargarla cuando se descarga es el siguiente:

- a. Acople el freno de parqueo.
- b. Apague el switch de encendido y remueva la llave del área de detección interior.
- c. Usando cables de pinzas, conecte la batería de 12V del vehículo de rescate y la batería auxiliar del vehículo detenido como se muestra en la figura 66.
- d. Encender el vehículo de rescate y acelerarlo repetidamente.
- e. Encender el vehículo detenido en la posición READY.

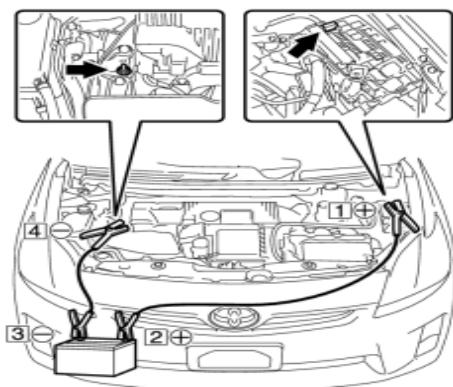


Figura 66. Conexión para asistir a la batería auxiliar

Tabla 4. Secuencia de conexión de los cables de pinzas

Secuencia de conexión	Ubicación de la conexión
1	Terminal positivo del vehículo detenido
2	Positivo de batería del vehículo de rescate
3	Negativo de batería del vehículo de rescate
4	Perno RH aislante montado en el motor

• Ubicaciones de soporte para el anclaje del vehículo

Cuenta con sus puntos de anclaje (figura 67) cuando se necesite realizar trabajos en el mismo, o necesite ser elevado, en la parte delantera y posterior del vehículo cuenta con soportes para los gatos hidráulicos, esto cuando necesite ser asistido mecánicamente.

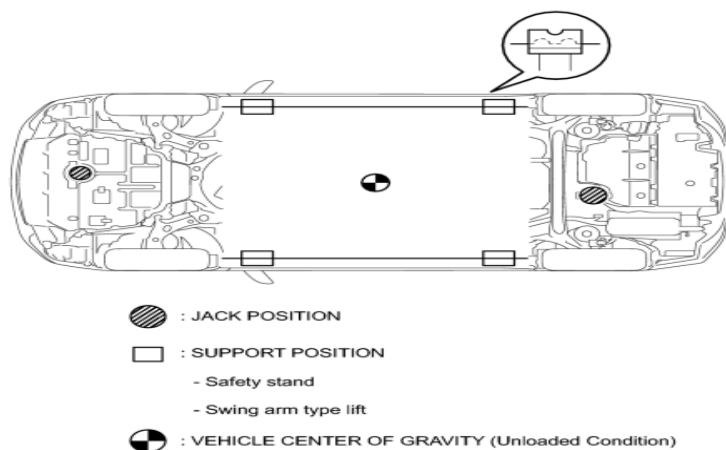


Figura 67. Puntos de anclaje del Toyota PRIUS 3G

• Mantenimiento general

Estos mantenimientos incluyen los chequeos básicos, donde en muchos de los casos no se requiere de herramientas especiales.

Estos procedimientos deben realizarse después de que el motor se haya enfriado.

- Reemplazar el aceite de motor y filtro.
- Reemplazar el refrigerante de motor.
- Inspeccionar las bujías.
- Inspeccionar las baterías
- Inspeccionar el filtro de aire.
- Inspeccionar el empaque de la tapa del tanque de combustible.
- Inspeccionar el carbón del canister.

- **Número de serie del motor**

El número de identificación del motor se encuentra estampado en el bloque de cilindros del motor como se muestra en la figura 68.

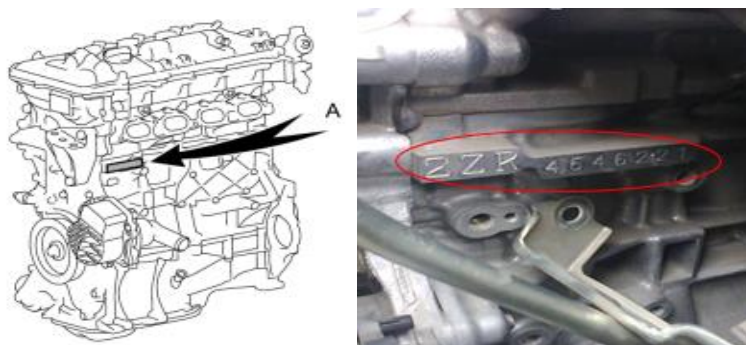


Figura 68. Número de serie del motor 2ZR-FX

Sistema de enfriamiento

Los vehículos de Toyota son llenados desde fábrica con el Toyota SLIC, con el fin de evitar problemas en el sistema de enfriamiento del motor, el fabricante recomienda utilizar únicamente el SLIC de Toyota, o uno de similar calidad a base de etileno glicol, sin silicato, sin amino, sin nitrato, ni boro, con tecnología de ácido orgánico híbrido para larga duración, el cual es una combinación bajo en fosfato y ácidos orgánicos.

- **Bomba de agua**

La ECM controla la bomba de agua mediante el cálculo necesario del flujo del refrigerante basado en la temperatura del refrigerante, la velocidad del motor y la información de la velocidad del vehículo. La velocidad de la bomba está controlada continuamente mediante señales enviadas desde la ECM.

Diagrama de cableado

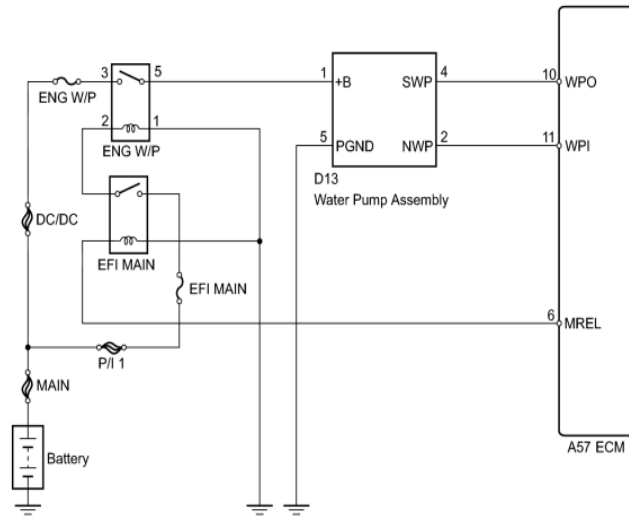


Figura 69. Diagrama de cableado de la bomba de agua

Inspección de la bomba de agua

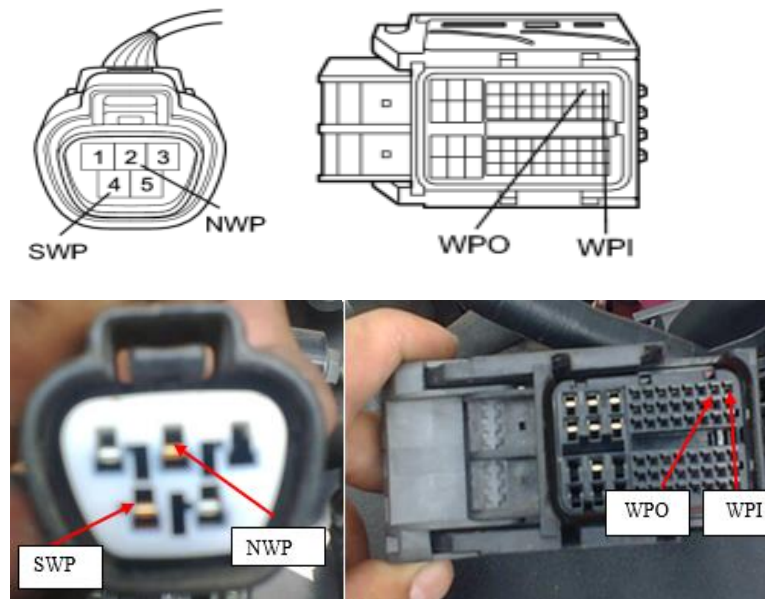


Figura 70. Inspección de la bomba de agua

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 5. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D13-2 (NWP) - A57-11 (WPI)	Siempre	Por debajo de 1 Ω
D13-4 (SWP) - A57-10 (WPO)	Siempre	Por debajo de 1 Ω

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 6. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D13-2 (NWP) o A57-11 (WPI) - Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor
D13-4 (SWP) o A57-10 (WPO) - Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor

Voltaje estándar

Tabla 7. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D13-2 (NWP)- Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V

• Inspección de los motores de los ventiladores de enfriamiento

Compruebe que el motor funcione sin problemas cuando la batería está conectada al conector del motor del ventilador de enfriamiento.

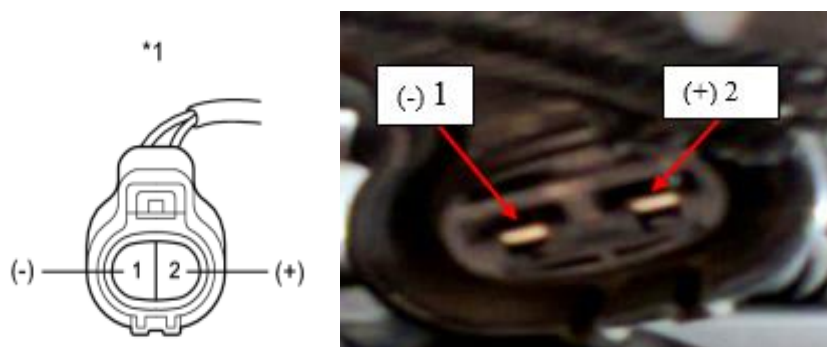


Figura 71. Inspección de los motores de los ventiladores de enfriamiento

Corriente estándar del motor de los ventiladores

Tabla 8. Corriente estándar del motor de los ventiladores

ITEM	Condición	Condición especificada
		De 4.7 a 8.7Amp
Motor del ventilador	20°C (68°F)	a
		12 V

Si el resultado no es como el especificado, reemplace los motores.

Diagrama del sistema de control de los ventiladores

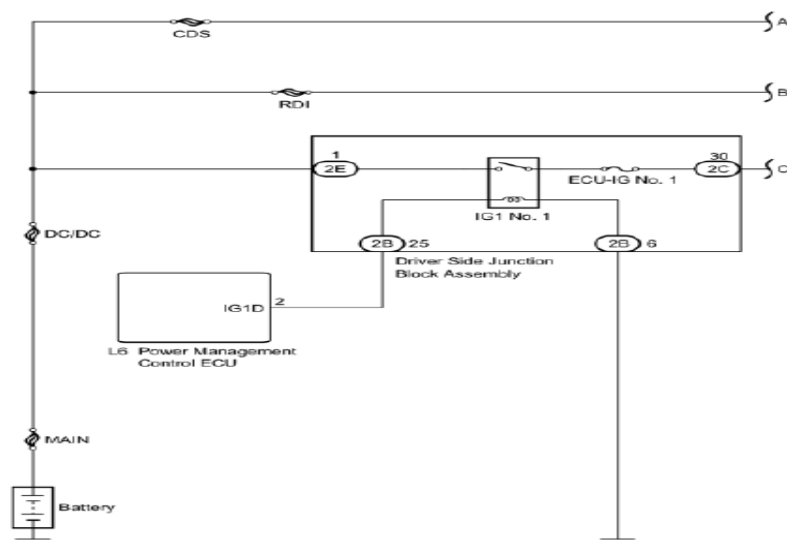


Figura 72. Diagrama del sistema de control de los ventiladores (1)

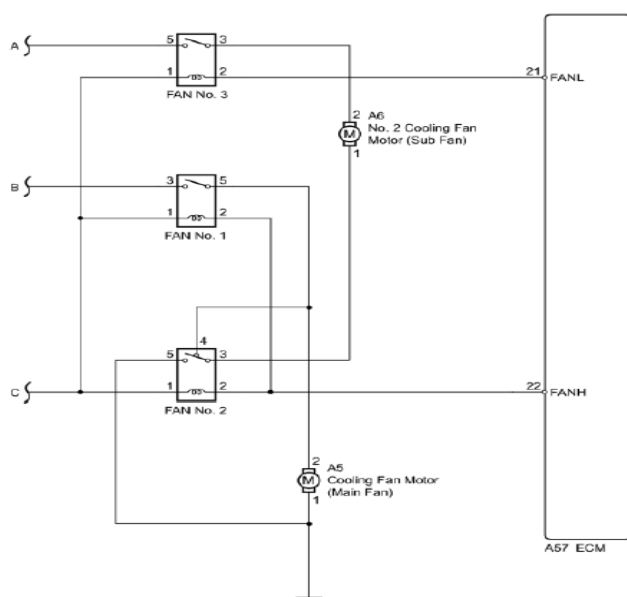


Figura 73. Diagrama del sistema de control de los ventiladores (2)

Circuito de los ventiladores de enfriamiento

La ECM enciende o apaga los relés usando señales calculadas desde el ECT, la conmutación del A/C, la presión del refrigerante, y las señales de la velocidad del vehículo.

La ECM conecta el circuito de los motores de los ventiladores entre serie y paralelo para encender o apagar los relés de los ventiladores en orden para controlar la velocidad de los ventiladores.

Inspección del ECM (voltajes del ventilador No1)

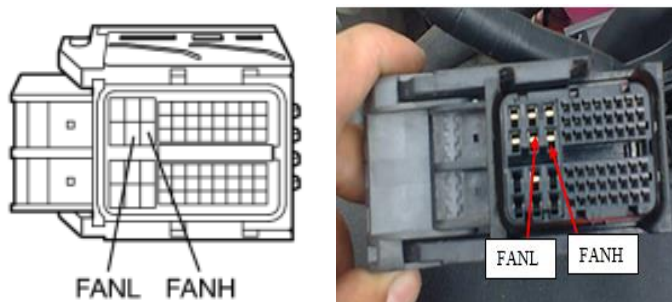


Figura 74. Inspección del ECM (voltajes del ventilador No1)

Voltaje estándar

Tabla 9. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
A57-22 (FANH) - Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V
A57-21 (FANL) - Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V

Ubicación de los relés No 1 y No3 del ventilador No1

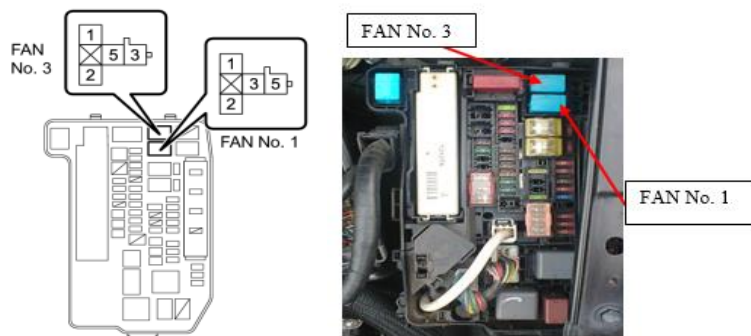


Figura 75. Ubicación de los relés No 1 y No3 del ventilador No1

Voltaje estándar

Tabla 10. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
3 (FAN No. 1 relay) - Masa de la carrocería	Siempre	De 11 a 14 V
5 (FAN No. 3 relay) - Masa de la carrocería	Siempre	De 11 a 14 V

Inspección del relé No1

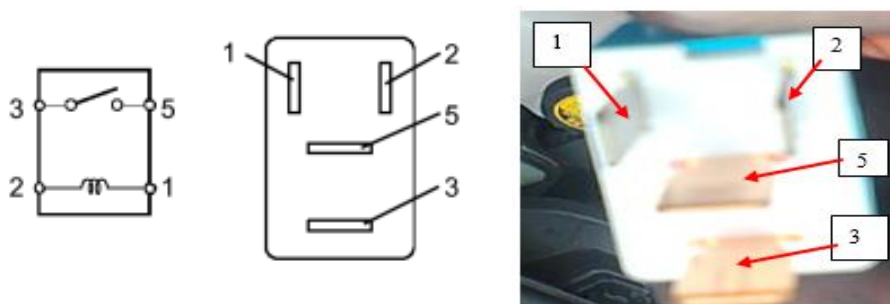


Figura 76. Inspección del relé No1

Resistencia estándar

Tabla 11. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
3 – 5	Voltaje de la batería no se aplica entre terminales 1 y 2	10 k Ω o mayor
	Voltaje de la batería se aplica entre terminales 1 y 2	Debajo de 1 Ω

Inspección del relé No3

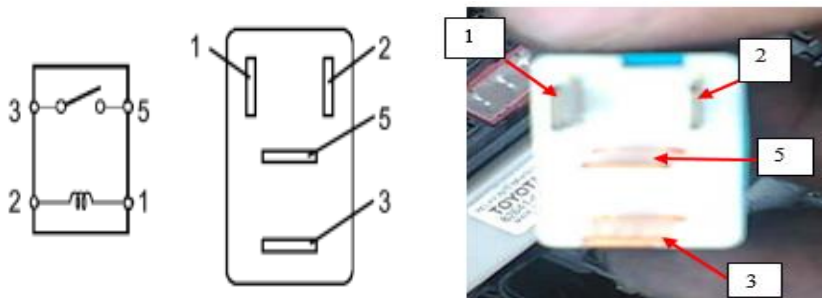


Figura 77. Inspección del relé No3

Resistencia estándar

Tabla 12. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
3 – 5	Voltaje de la batería no se aplica entre terminales 1 y 2	10 k Ω o mayor
	Voltaje de la batería se aplica entre terminales 1 y 2	Debajo de 1 Ω

Ubicación de los relés No2

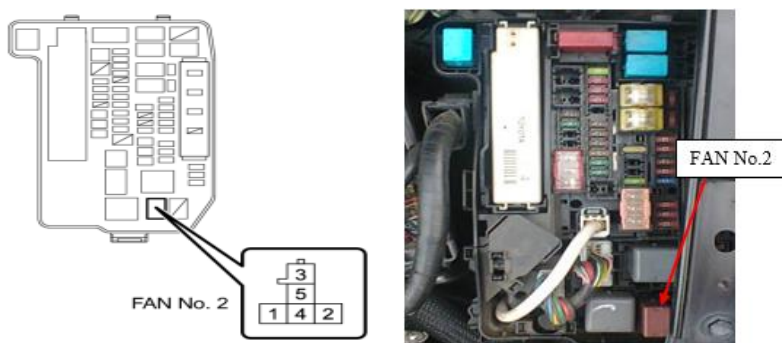


Figura 78. Ubicación de los relés No2

Voltaje estándar

Tabla 13. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
5 (FAN No. 2 relay) - Masa de la carrocería	Siempre	Por debajo de 1Ω

Inspección del relé No2

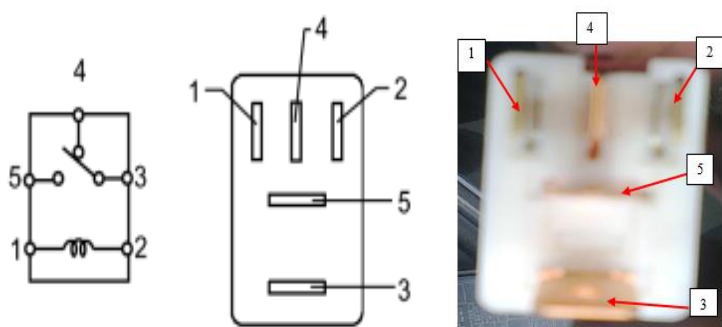


Figura 79. Inspección del relé No2

Resistencia estándar

Tabla 14. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
3 – 4	Voltaje de la batería no se aplica entre terminales 1 y 2	Debajo de 1Ω
	Voltaje de la batería se aplica entre terminales 1 y 2	$10 \text{ k}\Omega$ o mayor
3 – 5	Voltaje de la batería no se aplica entre terminales 1 y 2	$10 \text{ k}\Omega$ o mayor
	Voltaje de la batería se aplica entre terminales 1 y 2	Debajo de 1Ω

Inspección del motor del ventilador No1

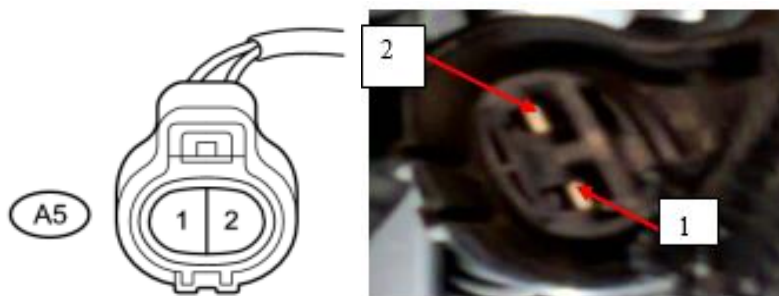


Figura 80. Inspección del motor del ventilador No1

Corriente estándar

Tabla 15. Corriente estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
1 – 2	Siempre	De 11.2 a 14.5 A

Resistencia estándar

Tabla 16. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
A5 – 1 - Masa de la carrocería	Siempre	Debajo de 1 Ω

Inspección del ventilador No1 respecto al bloque de relés

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 17. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
A5-2 - 5 (FAN No. 1 relay)	Siempre	Debajo de 1 Ω
A5-2 - 4 (FAN No. 2 relay)	Siempre	Debajo de 1 Ω

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 18. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
A5-2 - 5 (FAN No. 1 relay) - Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor
A5-2 - 4 (FAN No. 2 relay) - Masa de la carrocería		

Inspección del motor del ventilador No2

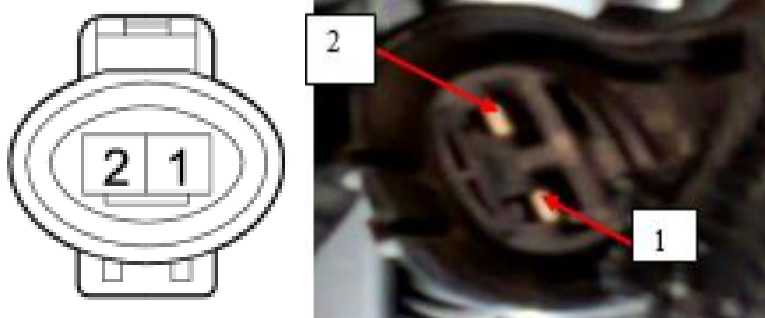


Figura 81. Inspección del motor del ventilador No2

Corriente estándar

Tabla 19. Corriente estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
1 - 2	Siempre	De 7.4 a 10.9 A

Inspección del ventilador No2 respecto al bloque de relés

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 20. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
A6 – 1 - 3 (FAN No. 2 relay)	Siempre	Debajo de 1 Ω
A6 – 2 - 3 (FAN No. 3 relay)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 21. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
A6 – 1 - 3 (FAN No. 2 relay) – Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor
A6 – 2 - 3 (FAN No. 3 relay) – Masa de la carrocería		

• Sistema de recirculación de gases

En el sistema de recirculación de gases, el refrigerante es calentado usando convencionalmente los gases de escape para acelerar el motor a su temperatura de trabajo, mejorando la eficiencia del combustible.

El recirculador es posicionado en frente del conjunto de gases de salida después del catalizador.

La válvula de control del flujo de gases puede abrirse por la presión de los gases para prevenir aceleraciones insuficientes cuando el motor esta frío. Además, para controlar la temperatura del refrigerante del motor un sensor de temperatura del refrigerante (ECT) es previsto entre el motor y el recirculador de gases.

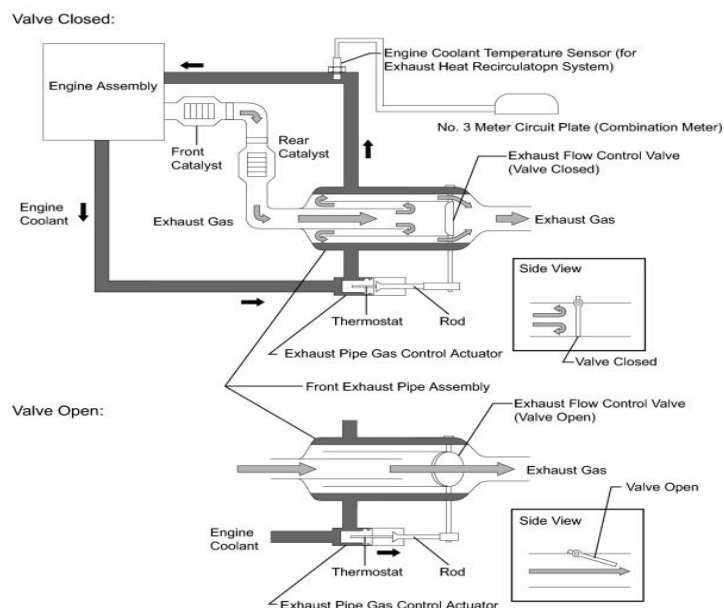


Figura 82. Diagrama del sistema de recirculación de gases

Basado en las condiciones de conducción, la ECM regula el volumen de gases de escape que es recirculado a las cámaras de combustión, por lo tanto la temperatura de combustión baja para reducir las emisiones de NOx. La ECM controla las señales de velocidad del motor, temperatura del refrigerante, carga eléctrica, y velocidad del vehículo. Cuando la EGR cumple las condiciones de trabajo, la ECM controla la apertura de la válvula EGR a través de señales.

Diagrama de cableado

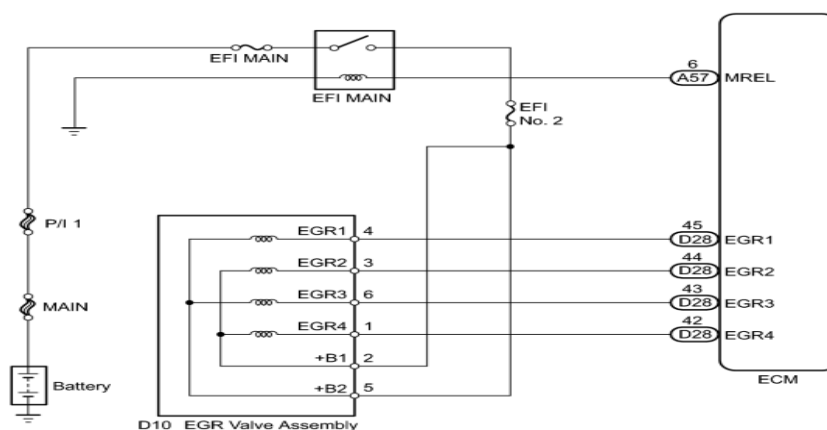


Figura 83. Diagrama de cableado del recirculador de gases de escape

Inspección de la EGR para el sistema de recirculación de gases

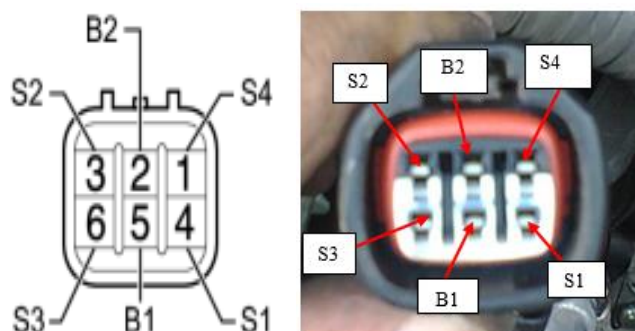


Figura 84. Inspección de la EGR para el sistema de recirculación de gases (1)

Resistencia estándar

Tabla 22. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
5(B1) – 4(S1)	20 °C (68 °F)	18 a 22 Ω
5(B1) – 6(S3)	20 °C (68 °F)	18 a 22 Ω
2(B2) – 1(S4)	20 °C (68 °F)	18 a 22 Ω
2(B2) – 3(S2)	20 °C (68 °F)	18 a 22 Ω

Voltaje estándar

Tabla 23. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D10-2 (+B1) – Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14V
D10-5 (+B2) – Masa de la carrocería		

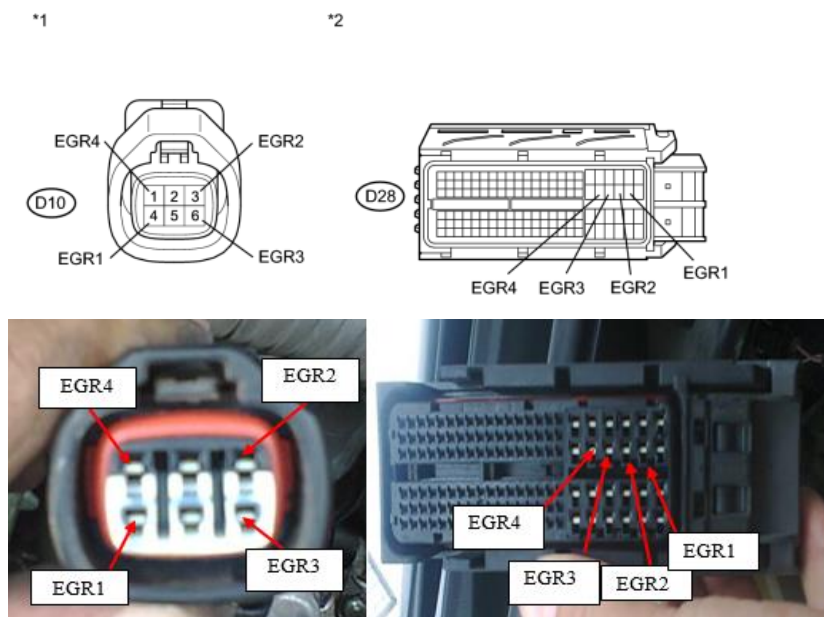


Figura 85. Inspección de la EGR para el sistema de recirculación de gases (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 24. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D28-45 (EGR1) - D10-4 (EGR1)		
D28-44 (EGR2) - D10-3 (EGR2)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D28-43 (EGR3) - D10-6 (EGR3)		
D28-42 (EGR4) - D10-1 (EGR4)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 25. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D28-45 (EGR1) o D10-4 (EGR1)		
–		
Masa de la carrocería		
D28-44 (EGR2) o D10-3 (EGR2)		
–		
Masa de la carrocería	Siempre	10 kΩ o mayor
D28-43 (EGR3) o D10-6 (EGR3)		
–		
Masa de la carrocería		
D28-42 (EGR4) o D10-1 (EGR4)		
–		
Masa de la carrocería		

• Sistema del catalizador

La ECM utiliza sensores montados al frente y detrás del convertidor catalítico de tres vías TWC, para monitorear la eficiencia del mismo.

El primer sensor, el sensor de aire/combustible envía información de pre-catálisis a la ECM. El segundo sensor, el sensor de oxígeno, envía información de post-catálisis a la ECM. Con el fin de detectar cualquier deterioro del TWC, la ECM calcula el almacenamiento de oxígeno del TWC, este cálculo se basa en un voltaje de salida del sensor de oxígeno, mientras se realiza el control de la relación aire/combustible.

La ECM utiliza la capacidad de almacenamiento de oxígeno para determinar el estado del TWC, si ha ocurrido un deterioro la luz de malfuncionamiento se ilumina y se genera un DTC.

Circuito del sistema

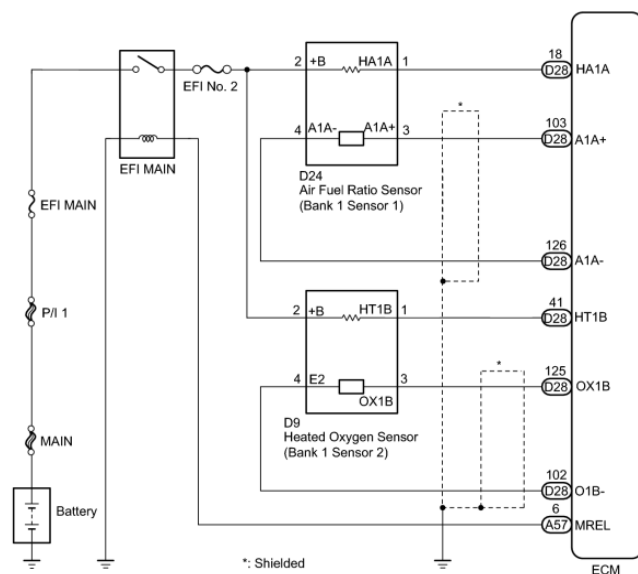


Figura 86. Circuito del sistema catalizador

• Sensor de aire/combustible

El ECM usa la información desde el sensor de aire/combustible para regular la relación de aire combustible y mantenerla cerca del nivel estequiométrico. Esto maximiza la capacidad del convertidor catalítico de tres vías para purificar los gases de escape.

El sensor de aire/combustible detecta los niveles de oxígeno en el escape y transmite la información al ECM.

La superficie interior del sensor está expuesto al aire exterior, la superficie exterior está expuesto a los gases de escape.

El sensor aire/combustible es fabricado de platino aleado con circonio.

El circonio genera un voltaje pequeño cuando hay una gran diferencia en las concentraciones de oxígeno entre el gas de escape y el aire exterior.

Diagrama de cableado

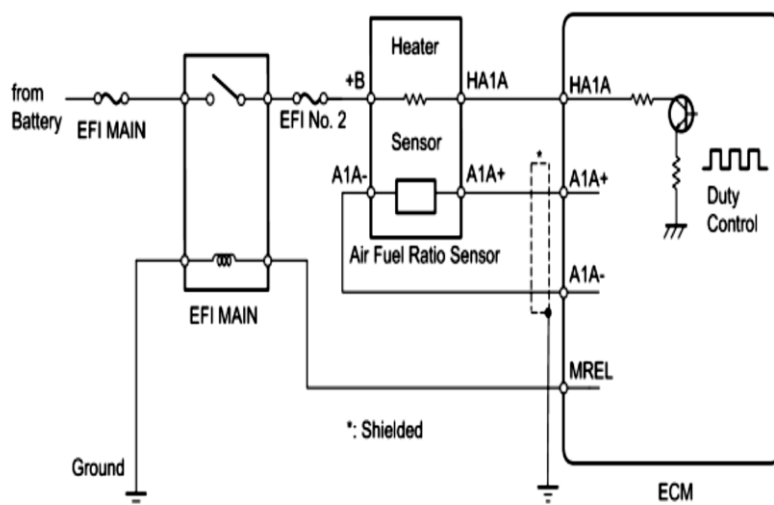


Figura 87. Diagrama de cableado del sensor de aire/combustible

Inspección del sensor de aire/combustible

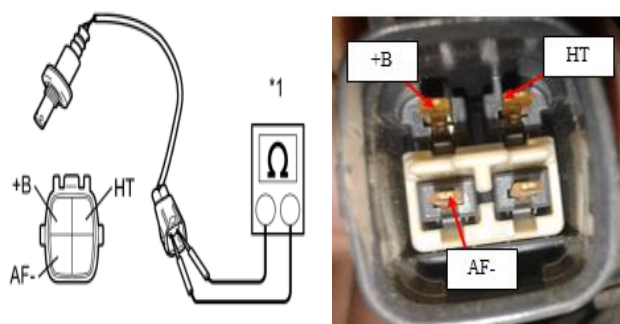


Figura 88. Inspección del sensor de aire/combustible (1)

Resistencia estándar

Tabla 26. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
(HT)-(+B)	20 °C (68 °F)	De 18 a 3.4 Ω
(HT)-(AF-)	- . -	180 kΩ o mayor

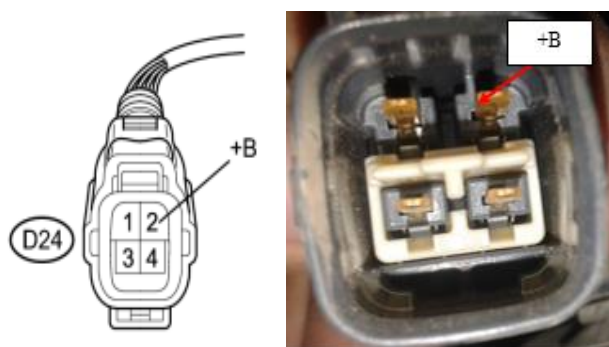


Figura 89. Inspección del sensor de aire/combustible (2)

Voltaje estándar

Tabla 27. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D24-2(+B) - Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V

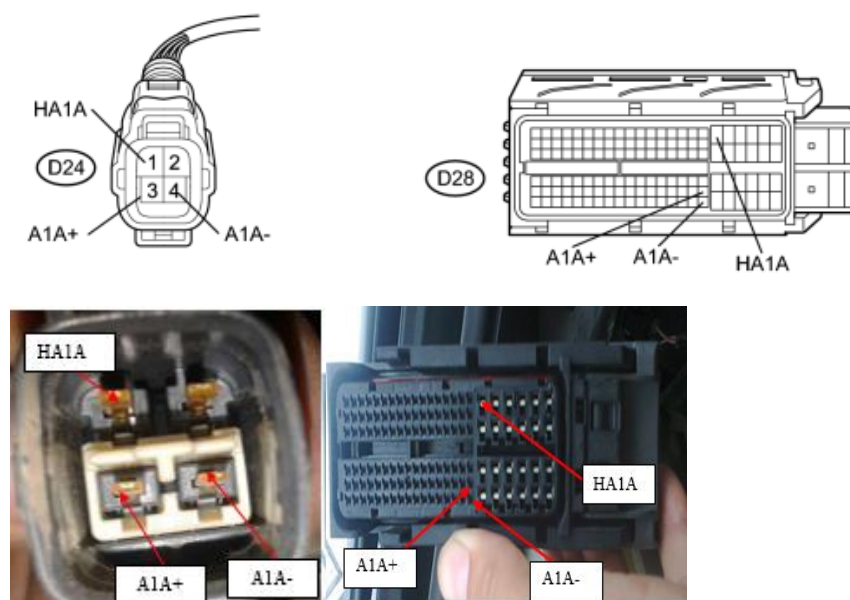


Figura 90. Inspección del sensor de aire/combustible (3)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 28. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D28 – 45 (EGR1) – D10 – 4 (EGR1)		
D24 – 1 (HA1A) – D28 – 18 (HA1A)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D24 – 3 (A1A+) – D28 – 103 (A1A+)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 29. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D24 – 1 (HA1A) o D28 – 18 (HA1A)		
–		
Masa de la carrocería		
D24 – 3 (A1A+) o D28 – 103 (A1A+)		
–		
Masa de la carrocería		
D24 - 4 (A1A-) o D28 – 126 (A1A-)	Siempre	10 k Ω o mayor
–		
Masa de la carrocería		
D28-42 (EGR4) o D10-1 (EGR4)		
–		
Masa de la carrocería		

• Sensor de oxígeno

Va montado cerca del catalizador de tres vías. La porción de detección del sensor de oxígeno calentado tiene un elemento de circonio que utiliza para detectar la concentración de oxígeno en el gas de escape. Si el elemento de circonio está a la temperatura adecuada, y la diferencia entre las concentraciones de oxígeno alrededor de

las superficies interior y exterior del sensor es grande, el elemento de óxido de circonio genera señales de tensión.

Con el fin de aumentar la capacidad de detección de concentración de oxígeno del elemento de circonio, el ECM suplementa el calor de los gases de escape con el calor de un elemento de calentamiento dentro del sensor.

Diagrama de cableado

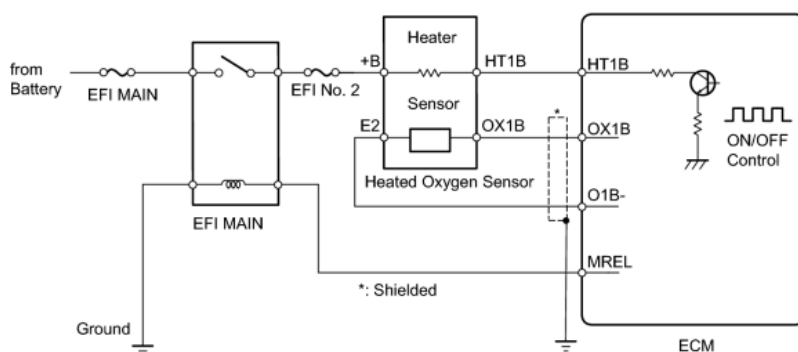


Figura 91. Diagrama de cableado del sensor de oxígeno

Inspección del sensor de aire/combustible

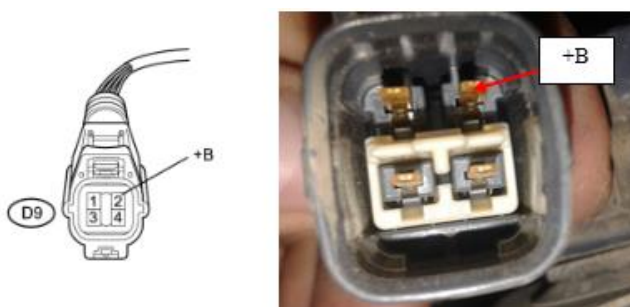


Figura 92. Inspección del sensor de aire/combustible (1)

Voltaje estándar

Tabla 30. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D9 – 2(+B) - Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V

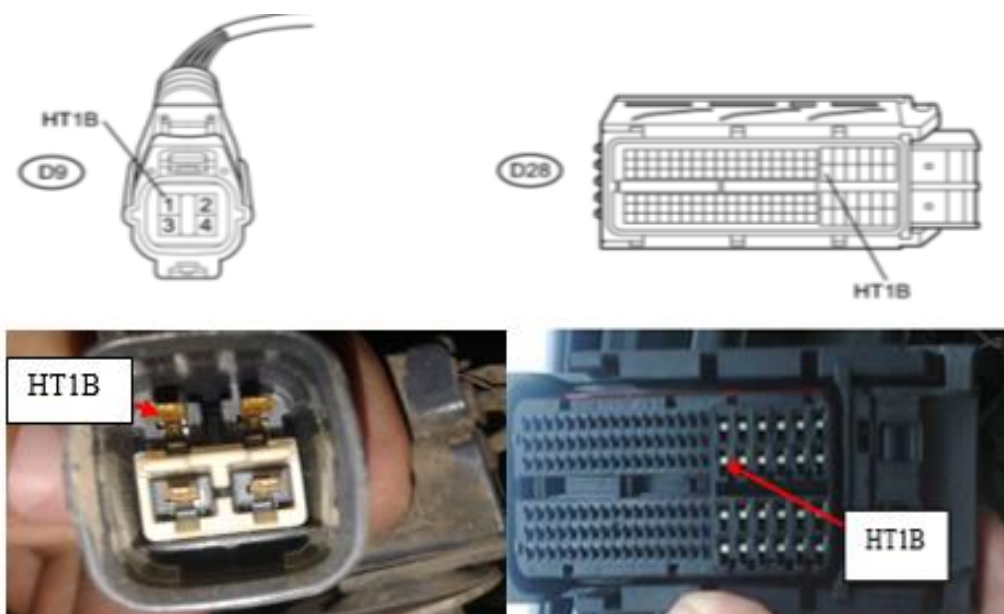


Figura 93. Inspección del sensor de aire/combustible (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 31. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D9 – 1(HT1B) – D28 – 41(HT1B)	Siempre	Debajo de 1 Ω

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 32. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D9 – 1(HT1B)		
–	Siempre	10 k Ω o mayor
Masa de la carrocería		

• Sistema de control de emisiones evaporativas

Para reducir las emisiones de hidrocarburos, el combustible evaporado desde el depósito es dirigido a través del canister al colector de admisión para combustionarse en los cilindros.

La ECM cambia la señal de servicio para la válvula de vacío VSV, este cambio cuantifica las emisiones de hidrocarburos en condiciones apropiadas después de que el motor se ha calentado.

Diagrama de cableado

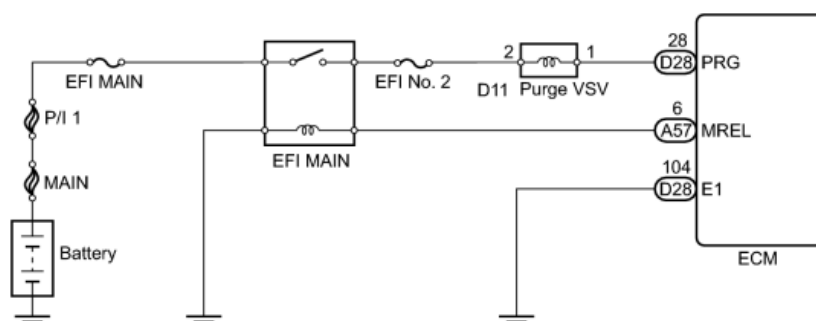


Figura 94. Diagrama de cableado del sistema de control de emisiones evaporativas

Inspección de la VSV

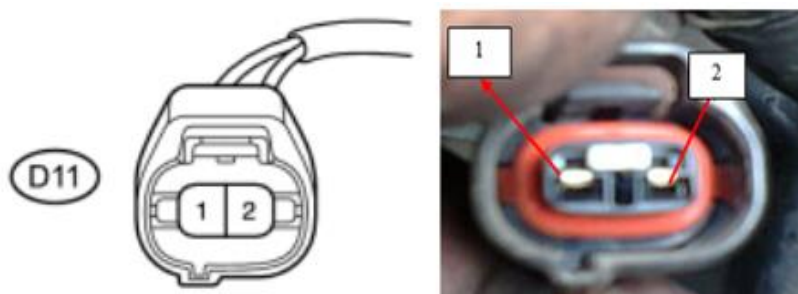


Figura 95. Inspección de la VSV

Voltaje estándar

Tabla 33. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D11 – 2 – Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V

Resistencia estándar

Tabla 34. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
1 – 2	20°C (68°F)	De 23 a 26 Ω

Comprobación de la operación de la VSV

- a. Soplar aire en el interior del puerto E, comprobar que el aire no sale al puerto F.

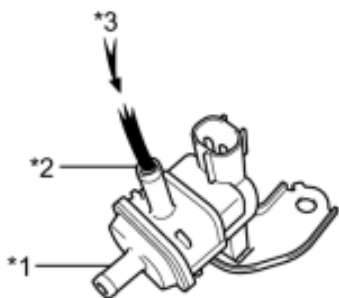


Figura 96.VSV (1)

Tabla 35. Ilustración de la gráfica del sensor

N°	Denominación
1	Puerto F
2	Puerto E
3	Aire

- b. Aplicar voltaje de batería a través de los terminales, soplar aire al interior del puerto E, comprobar que el aire sale al puerto F.

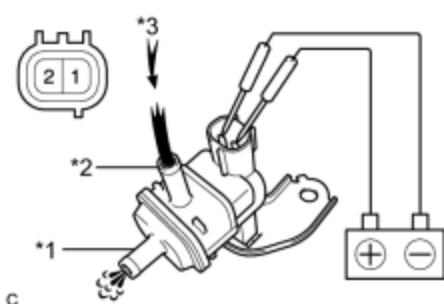


Figura 97. VSV (2)

Tabla 36. Ilustración de la gráfica del sensor

N°	Denominación
1	Puerto F
2	Puerto E
3	Aire

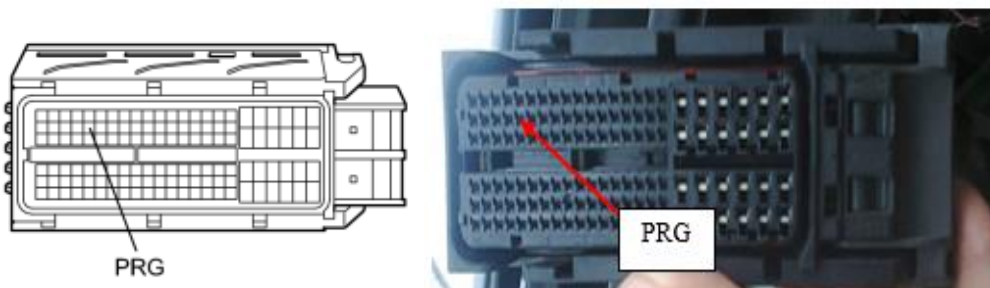


Figura 98. Identificación del VSV

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 37. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D11 – 1(Purge VSV) – D28 – 28(PRG)	Siempre	Debajo de 1 Ω

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 38. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D11 – 1(Purge VSV)		
–	Siempre	10 k Ω o mayor
Masa de la carrocería		

- **Sensor de posición del árbol de levas**

El VVT ajusta la sincronización de la válvula de admisión para mejorar la facilidad de conducción. La presión de aceite del motor gira el VVT, para ajustar la sincronización de la válvula.

La válvula de control del VVT es un solenoide que conecta la válvula con la línea de aceite del motor. El ECM cambia el tiempo de energización del solenoide en concordancia con el CMP, CKP, TPS, etc.

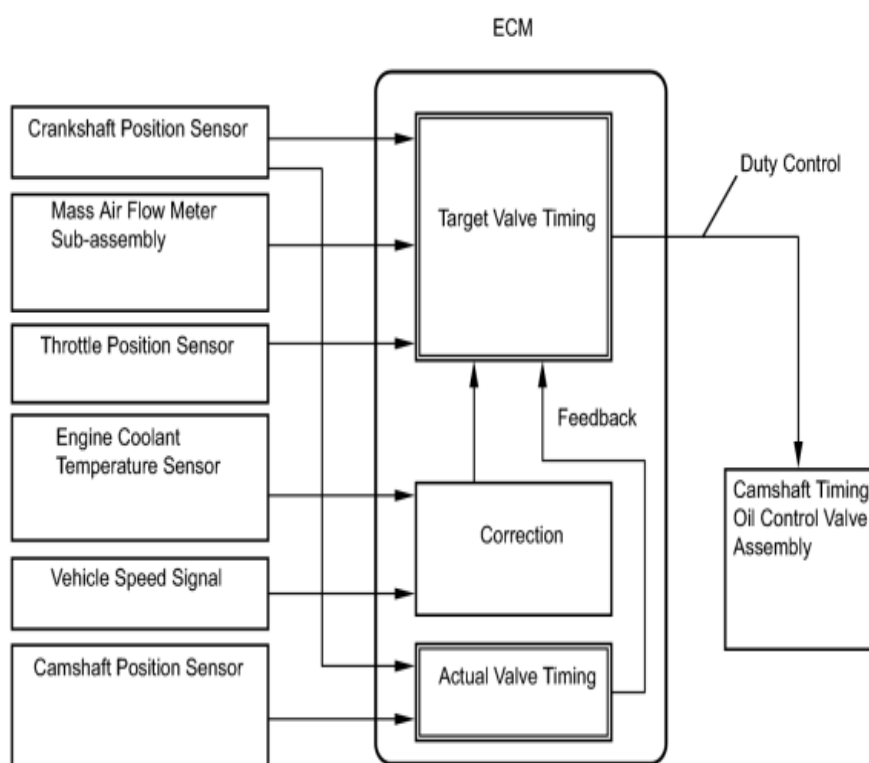


Figura 99. Diagrama del sensor de posición del árbol de levas

Diagrama del cableado del VVT-i

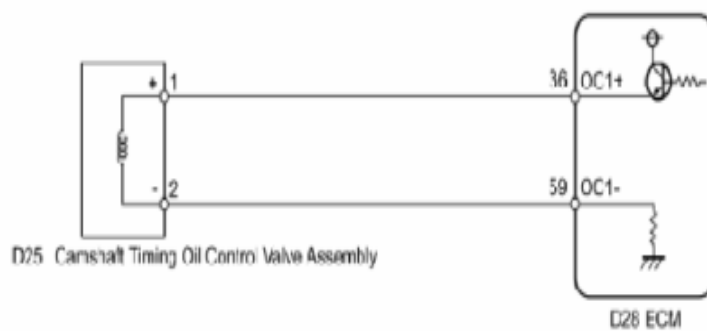


Figura 100. Diagrama del cableado del VVT-i

Inspección del VVT

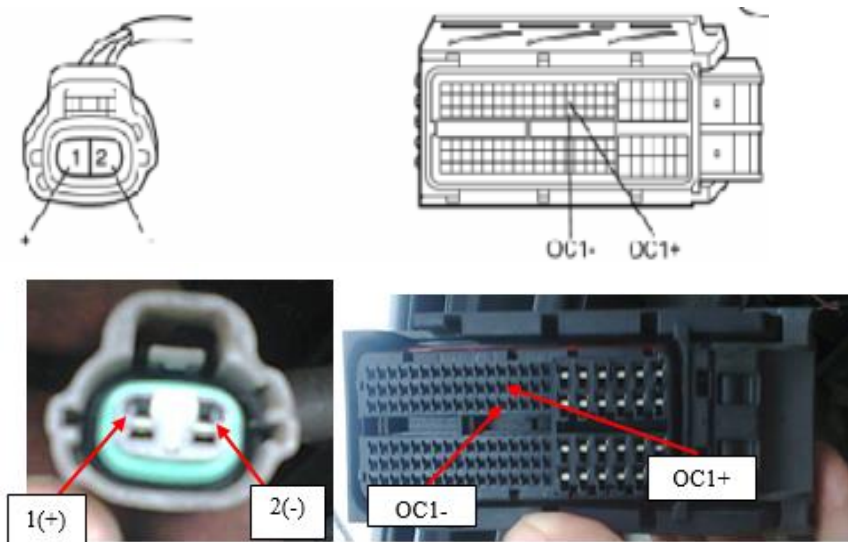


Figura 101. Inspección del VVT

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 39. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D25-1 (+) - D28-36 (OC1+)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D25-2 (-) - D28-59 (OC1-)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 40. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D25 – 1(+) o D28 – 36 (OC1+)	Siempre	10 k Ω o mayor
– Masa de la carrocería		
D25 – 2(-) o D28 – 59 (OC1-)		
– Masa de la carrocería		

Las mediciones se realizan de acuerdo a los valores en la tabla de abajo.

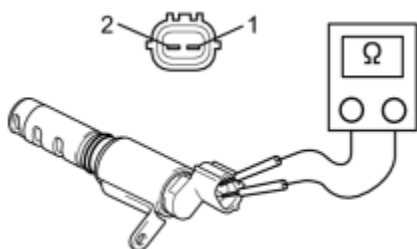


Figura 102. Prueba en el VVT

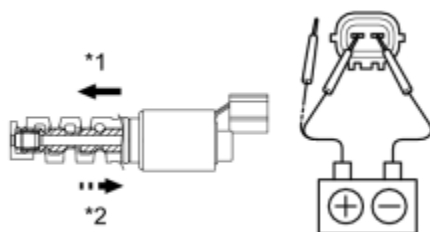
Resistencia estándar

Tabla 41. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
1 – 2	20°C (68°F)	De 6,9 a 7,9 Ω

Comprobación de la operación de la VSV

Conectar un positivo de batería al terminal 1 y un negativo al terminal 2, comprobar el movimiento de la válvula.



c

Figura 103. Comprobación de la operación de la VSV

Tabla 42. Ilustración de la gráfica del sensor

N°	Denominación
1	Cuando se aplica voltaje
2	Cuando se corta el voltaje

Inspección del sensor MAF

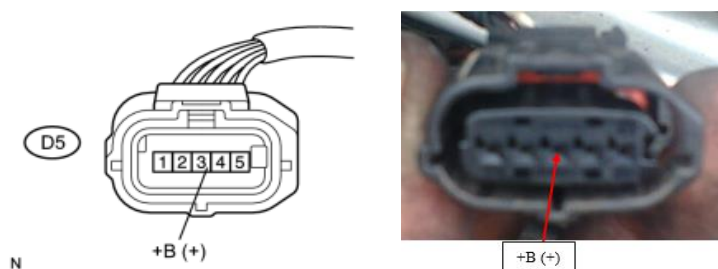


Figura 107. Inspección del sensor MAF (1)

Voltaje estándar

Tabla 43. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D5 – 3(+B) – Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V

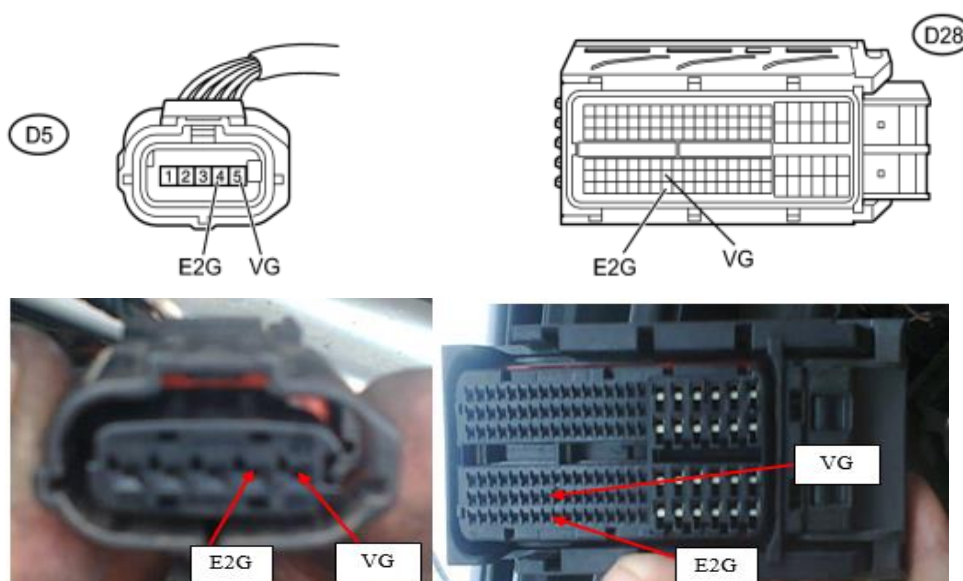


Figura 108. Inspección del sensor MAF (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 44. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D5 – 5(VG) – D28 – 94(VG) D5 – 4E2G) – D28 – 117(E2G)	Siempre	Debajo de 1 Ω

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 45. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D5 – 5(VG) – D28 – 94(VG) – Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor

Sensor de presión absoluta del colector de admisión MAP

El sensor MAP detecta la presión dentro del colector de admisión como señales de voltaje saliente. Basado en el voltaje desde el MAP, la ECM controla la EGR, la VSV, y detecta los errores en la presión del sensor usando los cambios de presión.

Cuando la presión atmosférica cae por debajo de la presión de admisión en el colector por 3kPa (22.5 mmHg) o más, la ECM interpreta como un malfuncionamiento en el sensor y genera un código de falla.

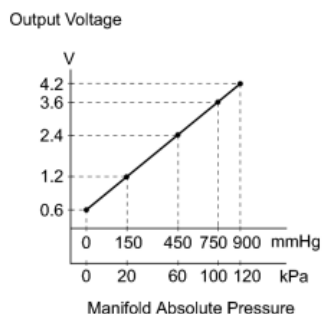


Figura 109. Gráfica característica del sensor MAP

Diagrama de cableado

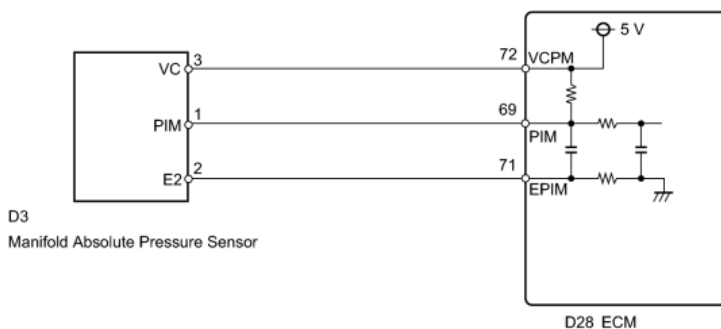


Figura 110. Diagrama de cableado del sensor MAP

Inspección del sensor MAP

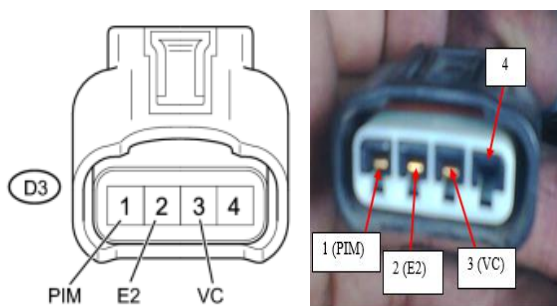


Figura 111. Inspección del sensor MAP (1)

Voltaje estándar

Tabla 46. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D3 – 3(VC) – D3 – 2(E2)	Interruptor en encendido (IG)	De 4.5 a 5.5 V
D3 – 1(PIM) – D3 – 2(E2)		De 4.0 a 5.0 V

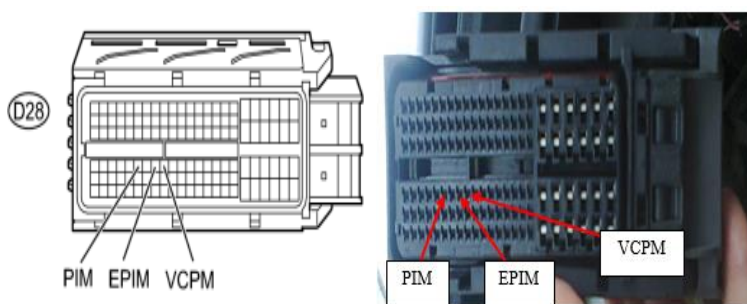


Figura 112. Inspección del sensor MAP (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 47. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D3 – 3(VC) – D28 – 72(VCPM)		
D3 – 2(E2) – D28 – 71(EPIM)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D3 – 1(PIM) – D28 – 69(PIM)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 48. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D3 – 3(VC)		
– Masa de la carrocería		
D3 – 2(E2)	Siempre	10 k Ω o mayor
– Masa de la carrocería		
D3 – 1(PIM)		
– Masa de la carrocería		

Sensor de temperatura del aire de admisión IAT

El sensor IAT, está montado en el conjunto del sensor MAF, controla la temperatura del aire que ingresa a la admisión. Está construido por un termistor con una resistencia que varía de acuerdo a la temperatura del aire.

Cuando la temperatura cae, la resistencia incrementa y cuando la temperatura se eleva, la resistencia cae, estas variaciones en resistencia son transmitidas al ECM como cambio de voltaje.

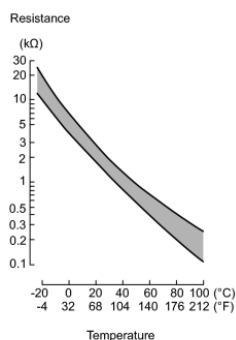


Figura 113. Gráfica característica del sensor IAT

El IAT es alimentado por 5V suministrados desde el terminal THA de la ECM, a través de un resistor R el cual está colocado dentro de la ECM. El Resistor R y el IAT están conectados en serie, cuando el valor de la resistencia del IAT cambia, el voltaje del terminal THA también varía (figura). Basado en estas señales, la ECM incrementa el volumen de inyección cuando el motor esta frío para mejorar la conducción.

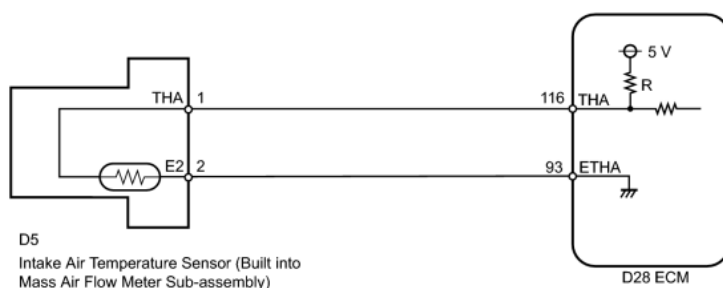


Figura 114. Cableado del sensor IAT

Inspección del sensor IAT

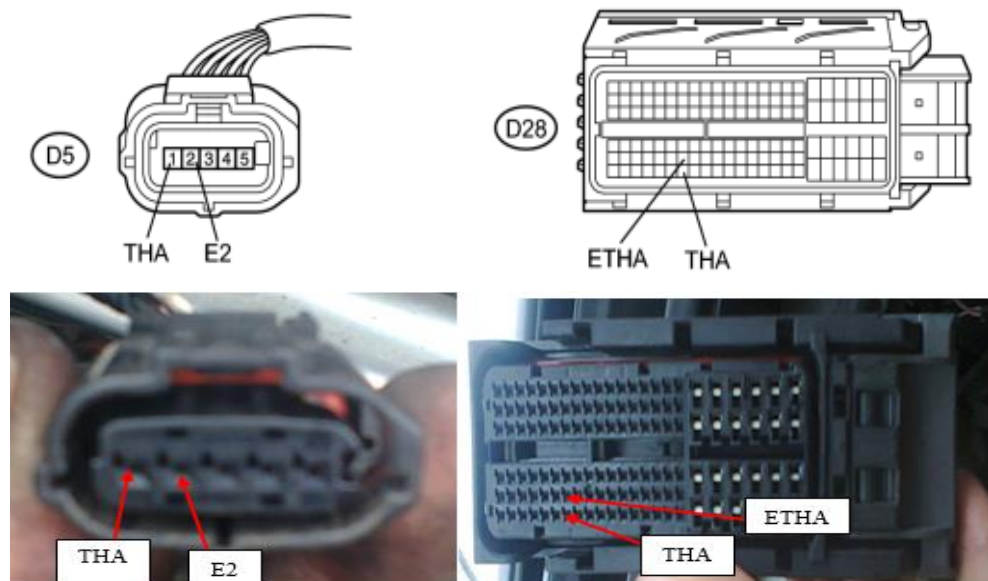


Figura 115. Inspección del sensor IAT

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 49. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D5 – 1(THA) – D28 – 116(THA)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D5 – 2(E2) – D28 – 93(ETHA)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 50. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D5 – 1(THA) – D28 – 116(THA)	Siempre	10 k Ω o mayor
– Masa de la carrocería		

Sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT

El ECT es usado para monitorear la temperatura del refrigerante de motor. El ECT está constituido por un termistor con una resistencia que varía de acuerdo a la temperatura del refrigerante, El ECT está construido con un termistor y una resistencia que varía de acuerdo a la temperatura del refrigerante del motor. Cuando la temperatura baja, la resistencia del termistor incrementa, cuando la temperatura aumenta la resistencia cae.

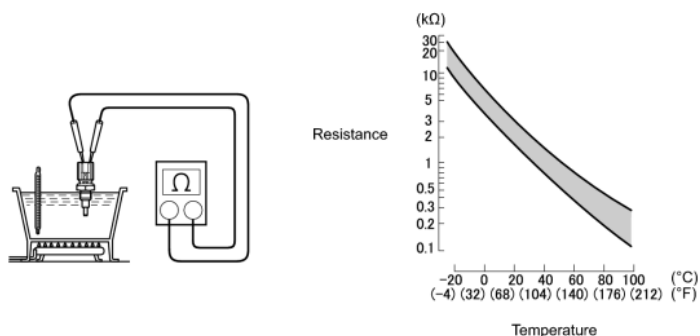


Figura 116. Diagrama de conexión y gráfica característica del sensor ECT

Estas variaciones son registradas como voltaje de salida desde el sensor, la ECM controla el voltaje del sensor y usa este valor para calcular la temperatura, cuando el voltaje de salida envía un voltaje fuera del rango de operación, la ECM interpreta esto como una falla en el circuito del ECT y genera un DTC (Data Trouble Code).

Si el voltaje de salida del sensor es mayor que 4.91 V por 0.5 segundos o más, la ECM determina que el circuito del ECT está abierto, generando un DTC. Ahora si el voltaje de salida es menor a 0.14V por 0.5 segundos o más, la ECM determina que existe un corto en el circuito del sensor y genera un DTC.

Diagrama de cableado

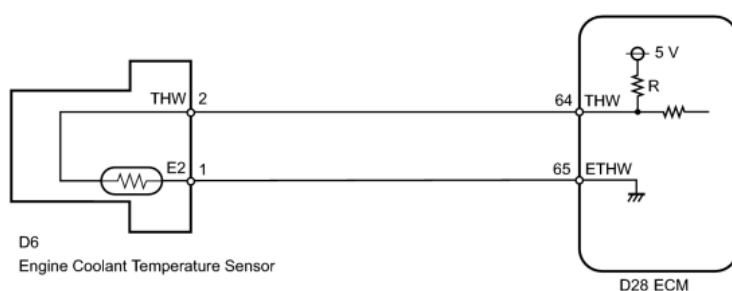


Figura 117. Diagrama de cableado del sensor ECT

Inspección del sensor ECT

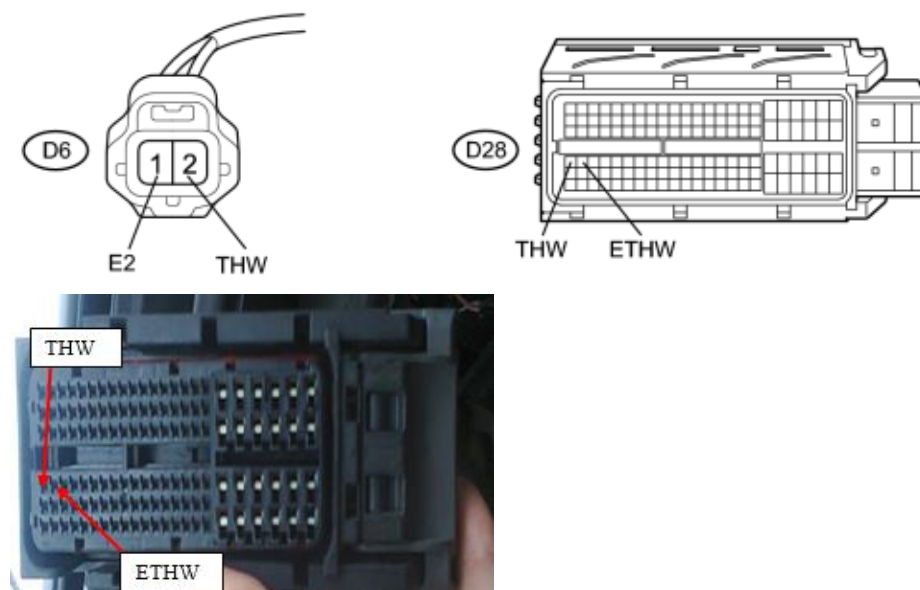


Figura 118. Inspección del sensor ECT

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 51. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D6 – 2(THW) – D28 – 64(THW)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D6 – 1(E2) – D28 – 65(ETHW)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 52. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D6 – 2(THW) – D28 – 64(THW)	Siempre	10 k Ω o mayor
– Masa de la carrocería		

Sensor de posición de la válvula de aceleración TPS

El TPS está montado en el cuerpo de aceleración, y detecta el ángulo de la válvula, este sensor es del tipo sin contacto, utiliza elementos de efecto Hall para dar señales precisas incluso en condiciones extremas.

El TPS tiene 2 circuitos, cada uno de ellos transmite una señal, VTA1 y VTA2. VTA1 es utilizado para detectar el ángulo de la válvula de aceleración y VTA2 es usado para detectar malfuncionamientos en VTA1.

La señal del sensor varía entre 0V y 5V en proporción al ángulo de apertura de la válvula, y son transmitidos al terminal VTA de la ECM.

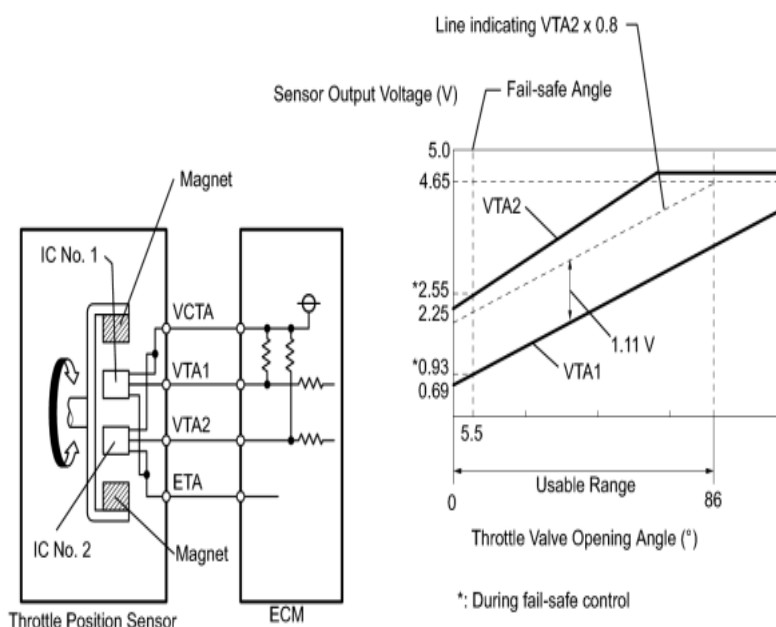


Figura 119. Sensor TPS

El ángulo de apertura de la válvula detectado por el terminal VTA1 es expresado como porcentaje, entre 10% y 22% está totalmente cerrada la válvula, y entre 64% y 96% está totalmente abierta.

Diagrama de cableado

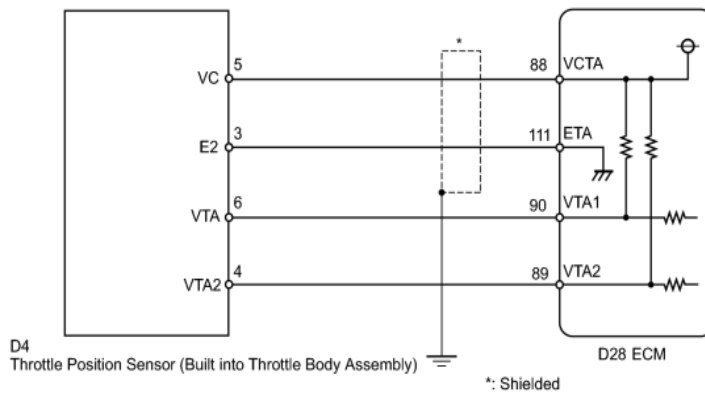


Figura 120. Diagrama de cableado del sensor TPS

Inspección del sensor TPS

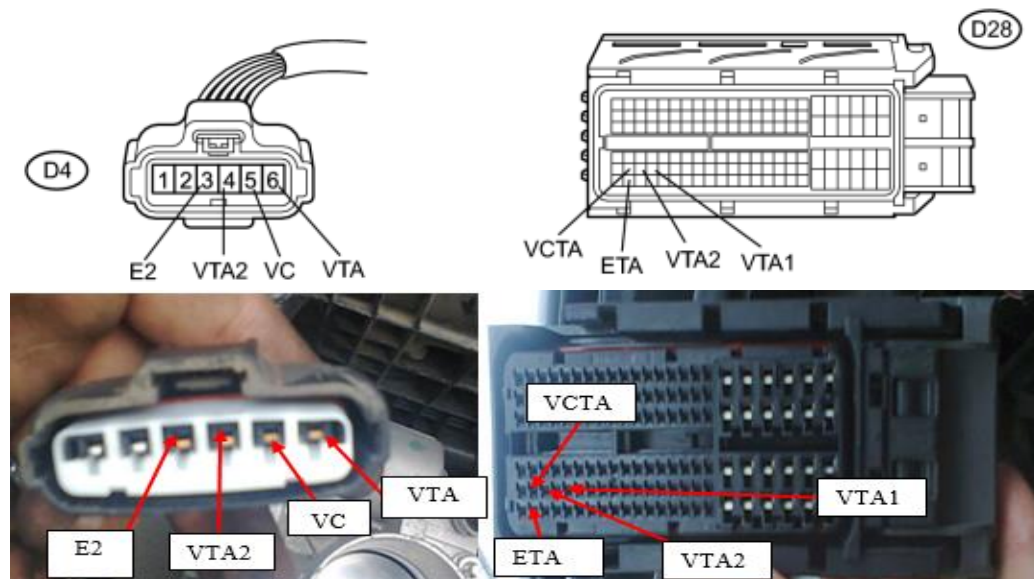


Figura 121. Inspección del sensor TPS

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 53. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D4 – 5(VC) – D28 – 88(VCTA)		
D4 – 6(VTA) – D28 – 90(VTA1)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D4 – 4(VTA2) – D28 – 89(VTA2)		
D4 – 3(E2) – D28 – 111(ETA)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 54. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D4 – 5(VC) – D28 – 88(VCTA)		
– Masa de la carrocería		
D4 – 6(VTA) – D28 – 90(VTA1)	Siempre	10 k Ω o mayor
– Masa de la carrocería		
D4 – 4(VTA2) – D28 – 89(VTA2)		
– Masa de la carrocería		

Voltaje estándar

Tabla 55. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D4 – 5(VC) – D4 – 3(E2)	Interruptor en encendido (IG)	De 4.5 a 5.5 V

Inyectores de combustible

Los inyectores están localizados en el colector de admisión, los inyectores inyectan el combustible dentro de los cilindros basándose en las señales de la ECM.

Diagrama de los inyectores

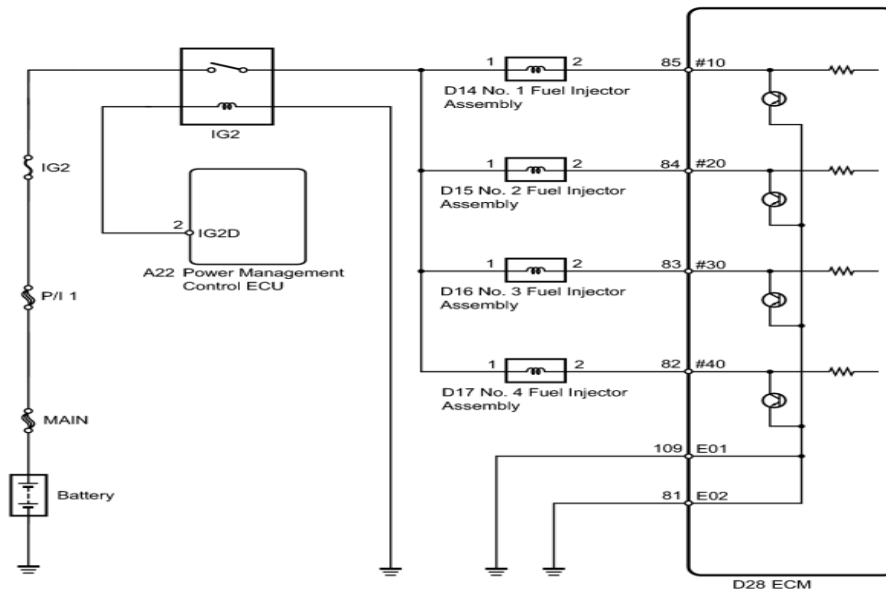


Figura 122. Diagrama de los inyectores

Inspección de los inyectores de combustible

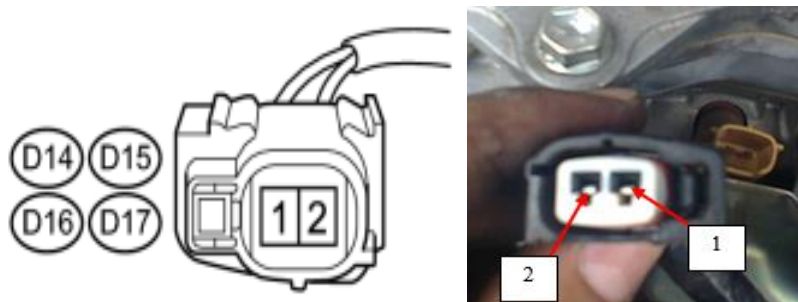


Figura 123. Inspección de los inyectores de combustible (1)

Voltaje estándar

Tabla 56. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D14 – 1		
– Masa de la carrocería		
D15 – 1		
– Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V
D16 – 1		
– Masa de la carrocería		
D17 – 1		
– Masa de la carrocería		

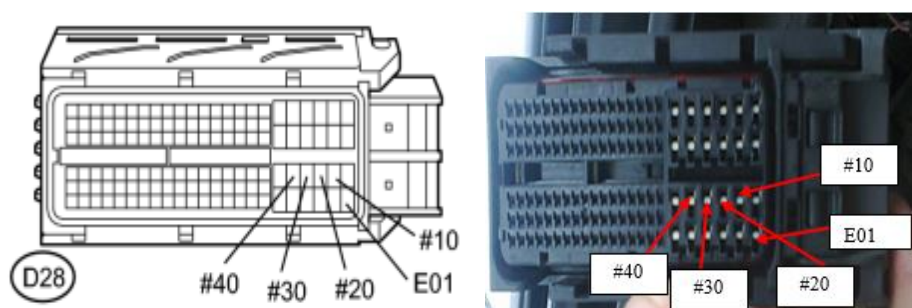


Figura 124. Inspección de los inyectores de combustible (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 57. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D14 – 2 – D28 – 85(#10)		
D15 – 2 – D28 – 84(#20)		
D16 – 2 – D28 – 83(#30)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D17 – 2 – D28 – 82(#40)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 58. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D14 – 2 – D28 – 85(#10) – Masa de la carrocería		
D15 – 2 – D28 – 84(#20) – Masa de la carrocería	Siempre	10 kΩ o mayor
D16 – 2 – D28 – 83(#30) – Masa de la carrocería		
D17 – 2 – D28 – 82(#40) – Masa de la carrocería		

Inspección de los terminales de la ECM para los inyectores

Voltaje estándar

Tabla 59. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D28 – 85(#10) – D28 – 109(E01)		
D28 – 84(#20) – D28 – 109(E01)	Interruptor en encendido (IG)	De 11 a 14 V
D28 – 83(#30) – D28 – 109(E01)		
D28 – 82(#40) – D28 – 109(E01)		

Sensor de golpeteo *Knock sensor*

Se utiliza un sensor de control de golpeteo de tipo plano, tiene una estructura que permite detectar las vibraciones en una amplia banda de frecuencias: aproximadamente entre 6kHz y 15kHz.

El sensor de golpeteo contiene un elemento piezoeléctrico el cual genera un voltaje cuando este se deforma. El voltaje es generado cuando el bloque del motor vibra debido a los golpes.

Diagrama de cableado del sensor de golpeteo

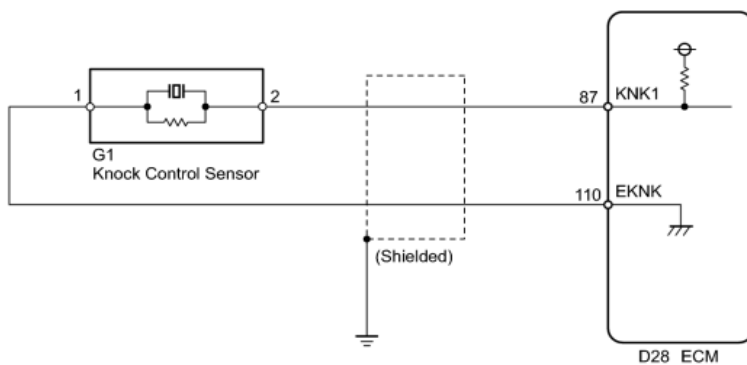


Figura 125. Diagrama de cableado del sensor de golpeteo

Inspección del sensor de golpeteo



Figura 126. Inspección del sensor de golpeteo (1)

Voltaje estándar

Tabla 60. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
G1 – 2 – G1 – 1	Interruptor en encendido (IG)	De 4.5 a 5.5 V

Resistencia estándar

Tabla 61. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
1 – 2	20°C (68°F)	120 a 280 kΩ

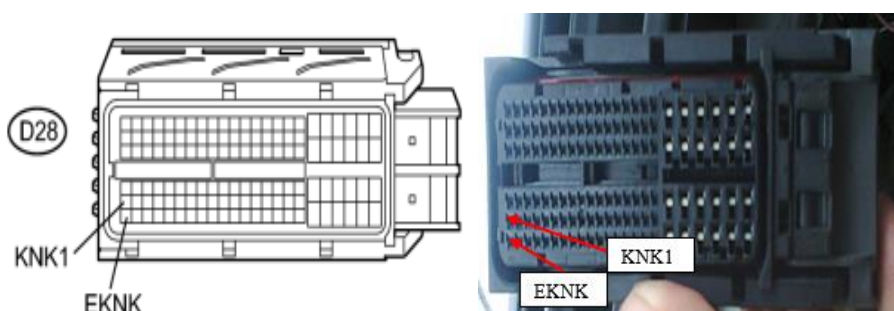


Figura 127. Inspección del sensor de golpeo (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 62. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
G1 – 2 – D28 – 87(KNK1)	Siempre	Debajo de 1 Ω
G1 – 1 – D28 – 110(EKNK)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 63. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
G1 – 2	Siempre	10 kΩ o mayor
– Masa de la carrocería		
G1 – 1		
– Masa de la carrocería		

Sensor de posición del cigüeñal “CKP”

El sistema del CKP consiste de un sensor de una placa y una bobina captadora, la placa del sensor tiene 34 dientes y está instalada sobre el cigüeñal.

La bobina captadora está fabricada de alambre de cobre, un núcleo de hierro y un imán.

La bobina captadora genera 34 señales por cada revolución del motor. Basado en estas señales, la ECM calcula la posición y velocidad del motor.

Diagrama de cableado

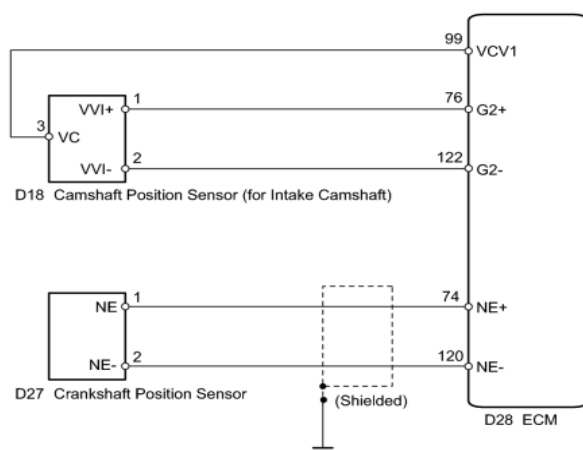


Figura 128. Diagrama de cableado del sensor CKP

Inspección del sensor “CKP”

*1

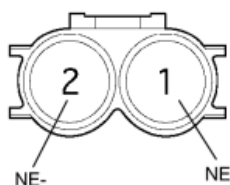


Figura 129. Inspección del sensor “CKP” (1)

Resistencia estándar

Tabla 64. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
1 (NE) – 2(NE-)	Frío	1630 a 2740 Ω
1 (NE) – 2(NE-)	Caliente	2065 a 3225 Ω

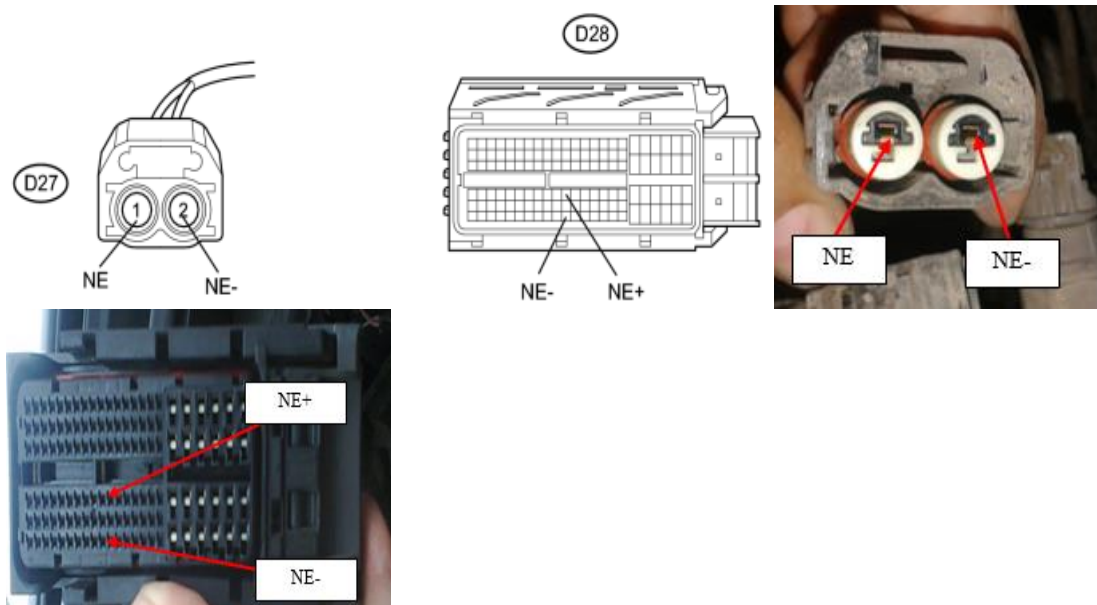


Figura 130. Inspección del sensor “CKP” (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 65. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D27 – 1(NE) – D28 – 74(NE+)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D27 – 2(NE) – D28 – 120(NE-)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 66. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D27 – 1(NE)		
– Masa de la carrocería	Siempre	10 kΩ o mayor
D27 – 2(NE)		
– Masa de la carrocería		

Sensor de posición del árbol de levas “CMP”

El CMP consiste de un imán y un elemento MR. El árbol de levas tiene un rotor de sincronización para el CMP. Cuando el árbol de levas gira ocurre un cambio en los entrehierros entre el rotor de sincronización y el elemento MR, que afecta al imán. Como resultado la resistencia del material MRE fluctúa. El CMP convierte la rotación del árbol de levas en señales de pulso, y usa estos pulsos para determinar el ángulo del árbol. La ECM usa estos datos para controlar el tiempo de inyección de combustible y la sincronización de la inyección.

Inspección del sensor “CMP”

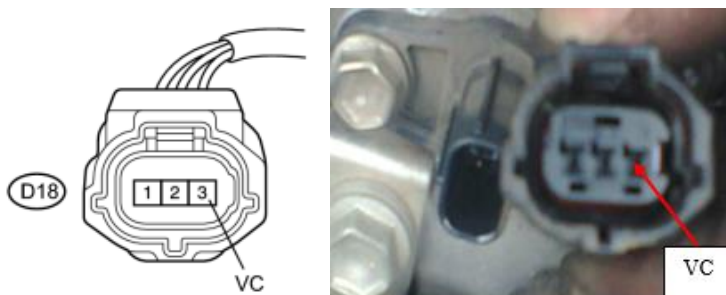


Figura 131. Inspección del sensor “CMP” (1)

Resistencia estándar

Tabla 67. Resistencia estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D18 – 3(VC) – Masa de la carrocería	Interruptor en encendido (IG)	4.5 a 5.0 Ω

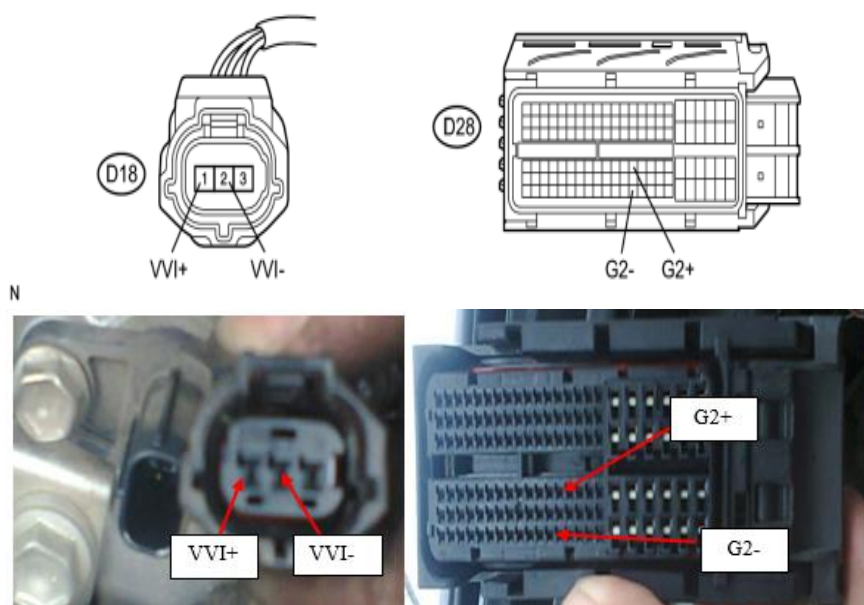


Figura 132. Inspección del sensor “CMP” (2)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 68. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D18 – 1(VVI+) – D28 – 76(G2+)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D18 – 2(VVI-) – D28 – 122(G2-)		

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 69. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D18 – 1(VVI+)		
– Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor
D18 – 2(VVI-)		
– Masa de la carrocería		

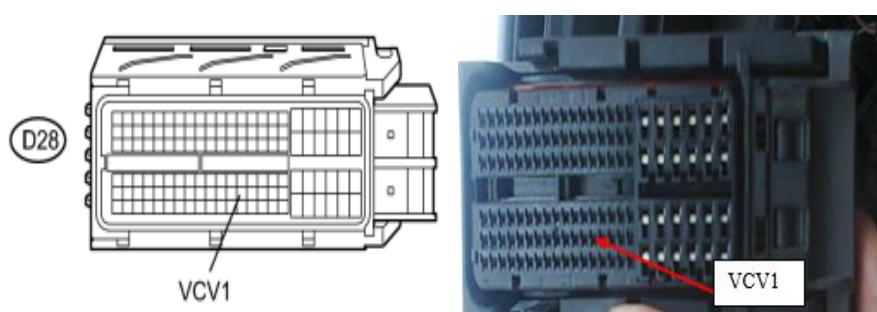


Figura 133. Inspección del sensor “CMP” (3)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 70. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D18 – 3(VC) – D28 – 99(VCV1)	Siempre	Debajo de 1 Ω

Resistencia estándar (en corto)

Tabla 71. Resistencia estándar (en corto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D18 – 3(VC) – Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor

Bobinas de encendido

Diagrama de cableado

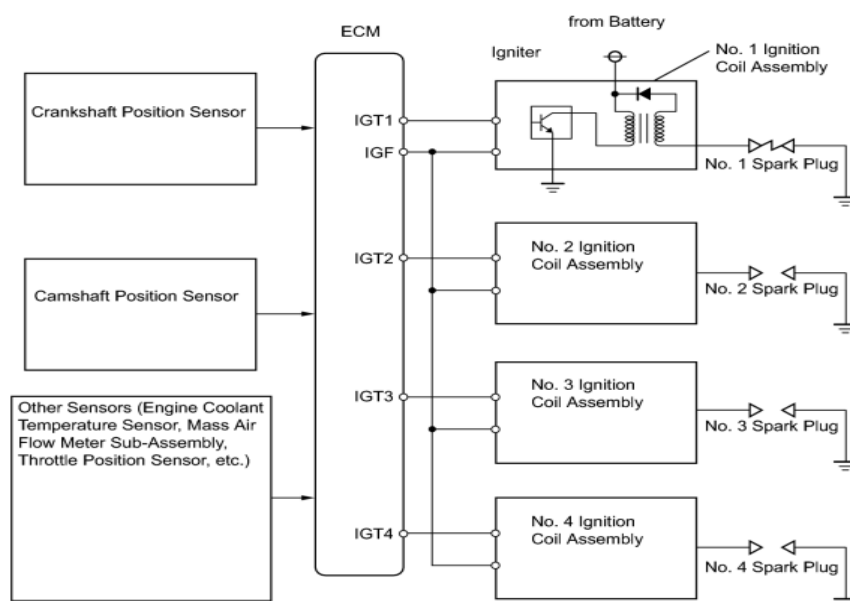


Figura 134. Diagrama de cableado de las bobinas de encendido

Inspección de las bobinas de encendido

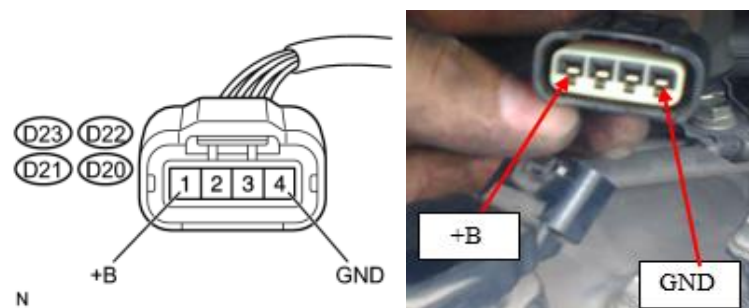


Figura 135. Inspección de las bobinas de encendido (1)

Resistencia estándar (abierto)

Tabla 72. Resistencia estándar (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D23 – 4 (GND) – Masa de la carrocería		
D22 – 4 (GND) – Masa de la carrocería		
D21 – 4 (GND) – Masa de la carrocería	Siempre	Debajo de 1 Ω
D20 – 4 (GND) – Masa de la carrocería		

Voltaje estándar

Tabla 73. Voltaje estándar

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D23 – 1(+B) – D23 – 4(GND)		
D22 – 1(+B) – D22 – 4(GND)	Interruptor en encendido	
D21 – 1(+B) – D21 – 4(GND)	(IG)	De 11 a 14 V
D20 – 1(+B) – D20 – 4(GND)		

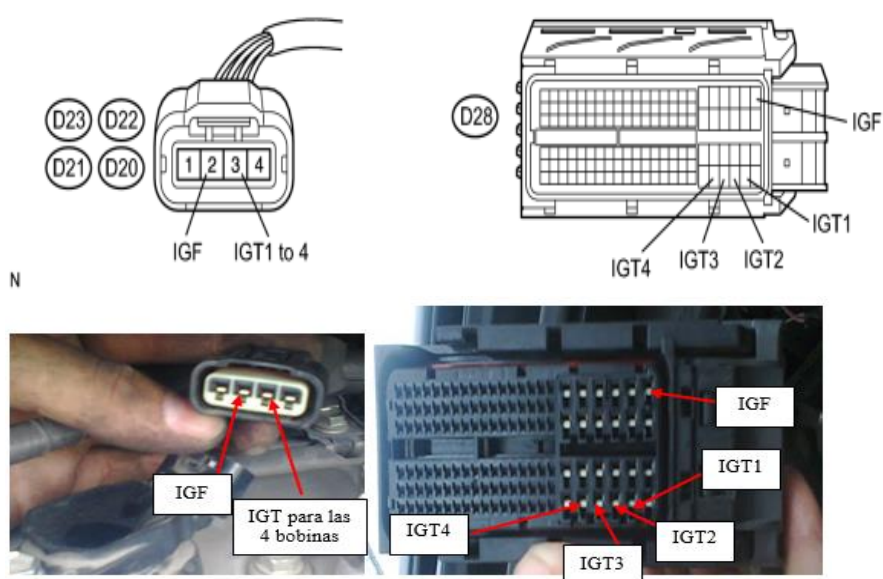


Figura 136. Inspección de las bobinas de encendido (2)

Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)

Tabla 74. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D23 – 2 (IGF) – D28 – 23 (IGF)		
D22 – 2 (IGF) – D28 – 23 (IGF)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D21 – 2 (IGF) – D28 – 23 (IGF)		
D20 – 2 (IGF) – D28 – 23 (IGF)		

Resistencia estándar de la señal IGT (abierto)

Tabla 75. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D23 – 3 (IGT1) – D28 – 108 (IGT1)		
D22 – 3 (IGT2) – D28 – 107 (IGT2)	Siempre	Debajo de 1 Ω
D21 – 3 (IGT3) – D28 – 106 (IGT3)		
D20 – 3 (IGT4) – D28 – 105 (IGT4)		

Resistencia estándar de la señal IGF (en corto)

Tabla 76. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D23 – 2 (IGF) o D28 – 23 (IGF) – Masa de la carrocería		
D22 – 2 (IGF) o D28 – 23 (IGF) – Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor
D21 – 2 (IGF) o D28 – 23 (IGF) – Masa de la carrocería		
D20 – 2 (IGF) o D28 – 23 (IGF) – Masa de la carrocería		

Resistencia estándar de la señal IGT (en corto)

Tabla 77. Resistencia estándar de la señal IGF (abierto)

Conexión del probador	Condición	Condición especificada
D23 – 3 (IGT1) o D28 – 108 (IGT1) – Masa de la carrocería		
D22 – 3 (IGT2) o D28 – 107 (IGT2) – Masa de la carrocería	Siempre	10 k Ω o mayor
D21 – 3 (IGT3) o D28 – 106 (IGT3) – Masa de la carrocería		
D20 – 3 (IGT4) o D28 – 105 (IGT4) – Masa de la carrocería		

3.3. Caracterización de comportamiento del motor ciclo *Atkinson*

Escáner “Carman Scan VG”

Parámetros de diagnóstico con el escáner

Para el análisis del diagnóstico con el escáner Carman SCAN VG se sigue el siguiente procedimiento:

- a. Conectar el escáner al vehículo.



Figura 137. Conexión del escáner al vehículo

- b. Ingresar a diagnóstico vehículo.



Figura 138. Ingreso a diagnóstico vehículo

- c. Ingresar en Asian pack #1.

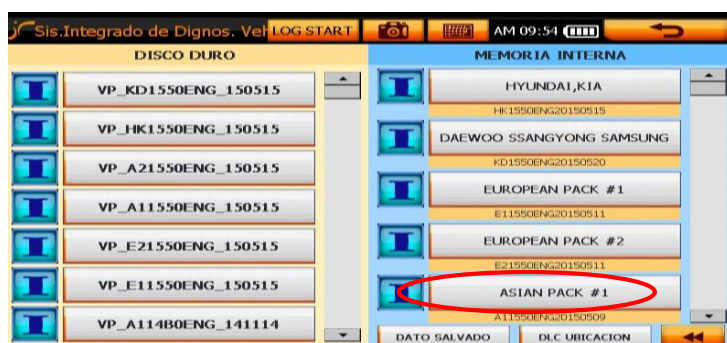


Figura 139. Ingreso en Asian pack #1

d. Ingresar en Toyota y clic en PRIUS.

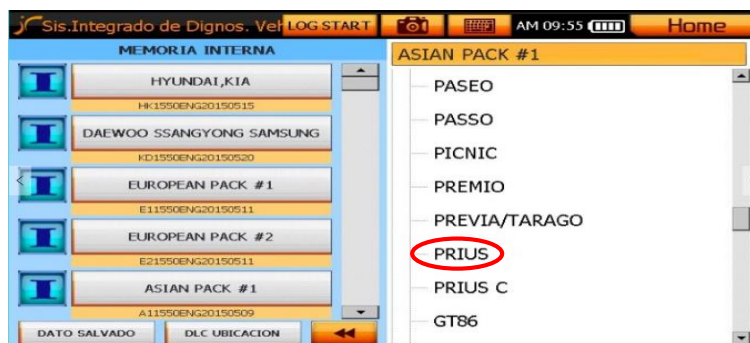


Figura 140. Ingreso en Toyota PRIUS

e. Ingresar en “Engine & Transmission” y clic en “16Pin connector”

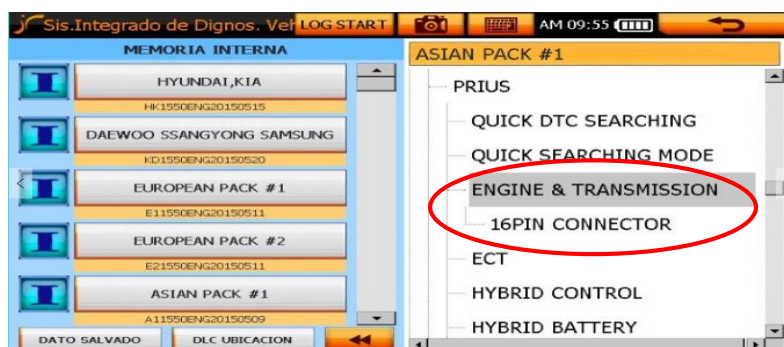


Figura 141. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector

f. Ingresar en “Gasoline” y clic en “OBD-II 16Pin connector”.

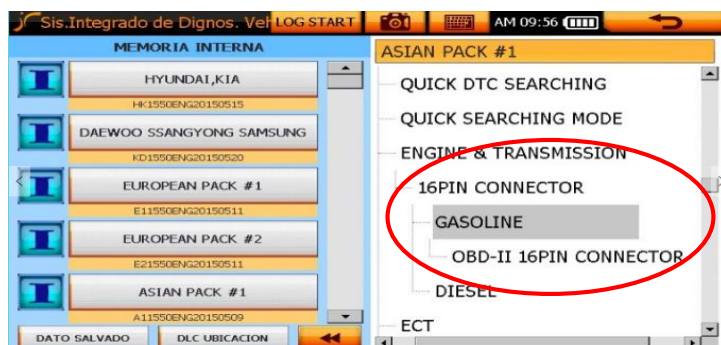


Figura 142. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector

g. Ingresar en “Menú de diagnóstico”, y clic en “Parameter Data”.

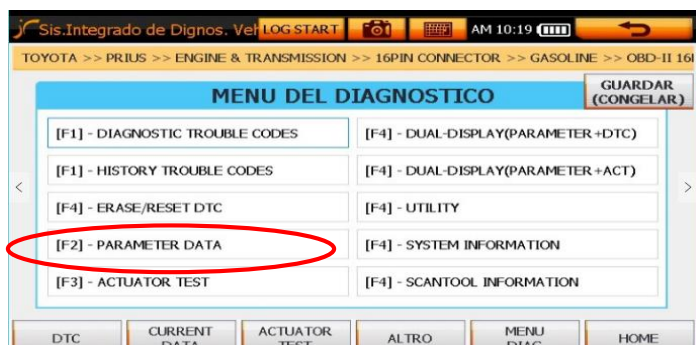


Figura 143. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector

h. Una vez que se ha ingresado al “Menú de diagnóstico” podremos observar en la pantalla los parámetros a diagnosticar.



Figura 144. Ingreso en “Engine & Transmission” – 16Pin connector

3.4. Osciloscopio “PICOSCOPE”

Comportamiento de diferentes elementos que participan en el funcionamiento del motor.

Forma de onda de la ignición

Señal IGT: Sincronización de la chispa y permanencia de la señal desde el ECM al encendedor.

Señal IGF: Señal de confirmación de la chispa desde el encendedor al ECM.

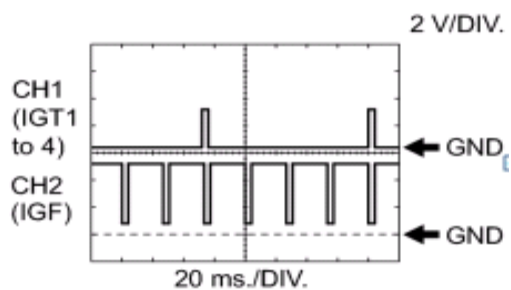


Figura 145. Forma de onda de la ignición (Señal IGT e IGF)

Tabla 78. Conexión para obtener las señales IGT e IGF

Terminal ECM	Entre IGT y E1 / Entre IGF y E1
Rango	2V/DIV. 20ms/DIV
Condición	Ralentí

Forma de onda del CMP y CKP

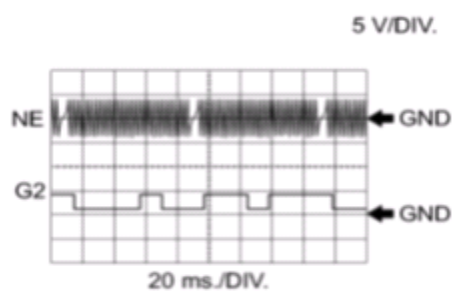


Figura 146. Forma de onda del CMP y CKP

Tabla 79. Conexión para obtener las señales CKP y CMP

Terminal ECM	Entre NE+ y NE / Entre G2+ y G2-
Rango	5V/DIV. 20ms/DIV
Condición	Ralentí con motor caliente

Forma de onda de los inyectores

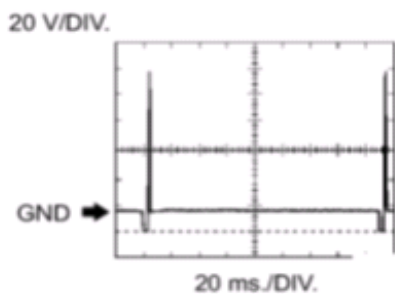


Figura 147. Forma de onda de los inyectores

Tabla 80. Conexión para obtener la onda de los inyectores

Terminal ECM	Entre #10 (a #40) y E01
Rango	20V/DIV. 20ms/DIV
Condición	Ralentí

Forma de onda “CAN” señal de comunicación

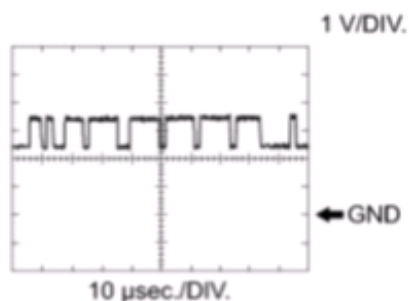


Figura 148. Forma de onda “CAN” señal de comunicación

Tabla 81. Conexión para obtener la onda CAN

Terminal ECM	Entre CANH y E1, CANP y E1
Rango	1 V/DIV., 10 μsec./DIV
Condición	Motor parado y powerswitch en IG

Forma de onda del conjunto de la bomba de agua desde el ECM

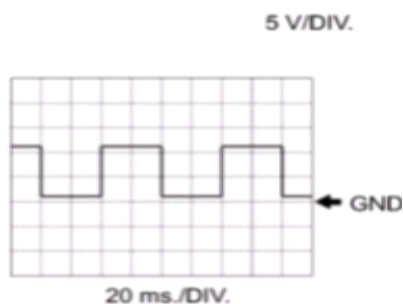


Figura 149. Forma de onda del conjunto de la bomba de agua desde el ECM

Tabla 82. Conexión para obtener la onda de la bomba de agua

Terminal ECM	Entre WPO y E1
Rango	5 V/DIV., 20 ms./DIV
Condición	Ralentí con motor caliente

3.5. Analizador de gases “AGS-688”.

Para la medición de los niveles de emisiones de gases, es necesario mantener el motor caliente y en ralentí, para eso el vehículo Toyota PRIUS tiene la opción de modo mantenimiento.

Existen dos formas de activar el modo, la primera es por el Software “Techstream” (tester original de Toyota), y la segunda se lo hace directamente desde el vehículo.

El procedimiento para hacerlo sin el Software “Techstream” es el siguiente:

Realizar los pasos de “a” a “f”, en 60 segundos.

- a. Encender el interruptor de encendido (IG).
- b. Pisar el acelerador hasta el fondo dos veces con la posición de parking (P) seleccionada.
- c. Pisar el acelerador hasta el fondo dos veces con la posición neutro (N) seleccionada.
- d. Pisar el acelerador hasta el fondo dos veces con la posición de parking (P) seleccionada.

- e. Comprobar si se muestra “Modo de mantenimiento” en la pantalla de información como se muestra en la figura 75.
- f. Encender el vehículo.



Figura 150. Modo de mantenimiento activado

Una vez activado el modo mantenimiento se espera que el motor se caliente para continuar con el análisis. Conectar la sonda del analizador de gases a la salida del tubo de escape.



Figura 151. Conexión de la sonda del analizador de gases a la salida del tubo de escape

3.6. Compresímetro “STANLEY COMPRESSION TESTER”

Para tener acceso a los cilindros del motor es necesario retirar la cubierta de aluminio ubicada sobre las bobinas.



Figura 152. Cubierta de aluminio ubicada sobre las bobinas



Figura 153. Bobina de encendido

Conectar el compresímetro a los cilindros y colocar el vehículo en “Modo de mantenimiento”.



Figura 154. Compresímetro

4. Análisis económico

En la siguiente tabla se presenta los costos de la investigación e implementos que se utilizo en la misma.

Tabla 83. Análisis económico de la investigación

Detalle	Unidad	Cantidad	V. Unitario (\$)	V. Total (\$)
Pagos derechos de Titulación			1.136,00	1.136,00
Copias	c/u	200	0,05	10,00
Papelería	c/u	8	6,00	48,00
Anillado	c/u	4	5,00	20,00
Impresiones	c/u	280	0,10	28,00
Carpetas	c/u	6	1,00	6,00
Internet	Horas	80	0,60	48,00
Empastados	c/u	1	20,00	20,00
Grabación en CD	c/u	2	2,00	2,00
Movilización		15	3,25	48,75
Costo desarrollo del proyecto				
Curso sobre Vehículos Híbridos	Horas	32	10,00	320,00
Maqueta		1	2.500,00	2.500,00
Varios				340,00
Pago de Traducción			30,00	30,00
Total				4556,75

5. Manual de usuario

Para este proyecto técnico no se elaborará un manual de usuario, pero si una guía de práctica de trabajo para el Laboratorio de Mecánica Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo, basado en el M.C.I del Toyota PRIUS 2010; la cual se encuentra como Anexo 1.

A continuación se presenta los principales puntos de trabajo que se deben llevar a cabo en la práctica de Laboratorio:

- Identificación de los componentes del M.C.I.
- Diagnóstico del M.C.I con:
 - Escáner
 - Osciloscopio
 - Analizador de gases
 - Compresímetro
- Caracterización del flujo de trabajo del M.C.I en el vehículo.

Además, se presenta como Anexo 2 y 3 los extractos sobre el M.C.I del Toyota PRIUS 2010 tomado del Manual del Fabricante.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Datos obtenidos en el diagnóstico con el escáner

Tabla 84. Control del motor en reposo

Ítem	Valor	Unidad	Mínimo	Máximo
Velocidad del vehículo	0	Km/h	0.0	0.0
Velocidad de las revoluciones del motor	0	rpm	0.0	0.0
Carga calculada	0.0	%	0.0	0.0
Sensor MAF	0.20	gm/s	0.2	0.2
Sensor MAP	13	psi	13.0	13.0
Temperatura del refrigerante	70	°C	70.0	70.0
Aire de entrada	52	°C	52.0	52.0
Sensor Lambda	0.983	—	1.0	1.0
A/F Heater Duty #1	0.0	%	0.0	0.0
Sensor O2	0.000	V	0.0	0.0
Heater O2	No activo	—	—	—
Heater O2 valor de corriente	0.000	A	0.0	0.0
Estado del sistema de combustible	OL	—	—	—
Estado del sistema de combustible	Sin uso	—	—	—
Avance de encendido	5.0	DEG	5.0	5.0

En la Tabla 84 se puede apreciar que a una velocidad de 0Km/h, el comportamiento de control del motor trabaja de la siguiente manera:

- El flujo de aire a 0,20gm/sg, con una presión absoluta de 13psi a 70°C de temperatura de refrigerante pero con 52°C de temperatura en el aire de admisión.
- Trabaja con un porcentaje de lambda de 0,983 y los sensores de aire/combustible y

oxígeno no se activan.

- Los sistemas de combustible están inactivos y el avance de encendido esta en los 5°.

Tabla 85. Control del motor a velocidad crucero

Ítem	Valor	Unidad	Mínimo	Máximo
Velocidad del vehículo	52	Km/h	0.0	52.0
Velocidad de las revoluciones del motor	2397	rpm	0.0	3560.0
Carga calculada	85.5	%	0.0	97.6
Sensor MAF	18.40	gm/s	0.2	45.3
Sensor MAP	11	psi	0.7	14.0
Temperatura del refrigerante	90	°C	-40.0	91.0
Aire de entrada	51	°C	-39.0	55.0
Sensor Lambda	0.960	—	0.8	1.2
A/F Heater Duty #1	61.7	%	-1.6	174.3
Sensor O2	0.625	V	0.0	1.2
Heater O2	Activo	—	—	—
Heater O2 valor de corriente	0.996	A	1.0	1.1
Estado del sistema de combustible	CL	—	—	—
Estado del sistema de combustible	Sin uso	—	—	—
Avance de encendido	14.5	DEG	-8.0	31.0

En la Tabla 85 se puede apreciar que a una velocidad crucero entre 35 y 55 Km/h, el comportamiento de control del motor trabaja de la siguiente manera con el motor revolucionando a 2397rpm:

- El flujo de aire está a 18,40gm/sg con una presión absoluta de 11psi a 90°C de temperatura del refrigerante pero con 51°C de temperatura en el aire de admisión.
- Trabaja con un porcentaje de lambda de 0,960.
- El sensor de aire/combustible trabaja con 61,7% decreciendo el porcentaje a 45,3

debido a la depresión del pedal de aceleración.

- El sensor de oxígeno activo con 0,625 voltios y 0,996 amperios de corriente.
- Los sistemas de combustible cerrados y el avance de encendido esta en los 14,5°.

Datos obtenidos en el osciloscopio

Voltaje de referencia de los inyectores

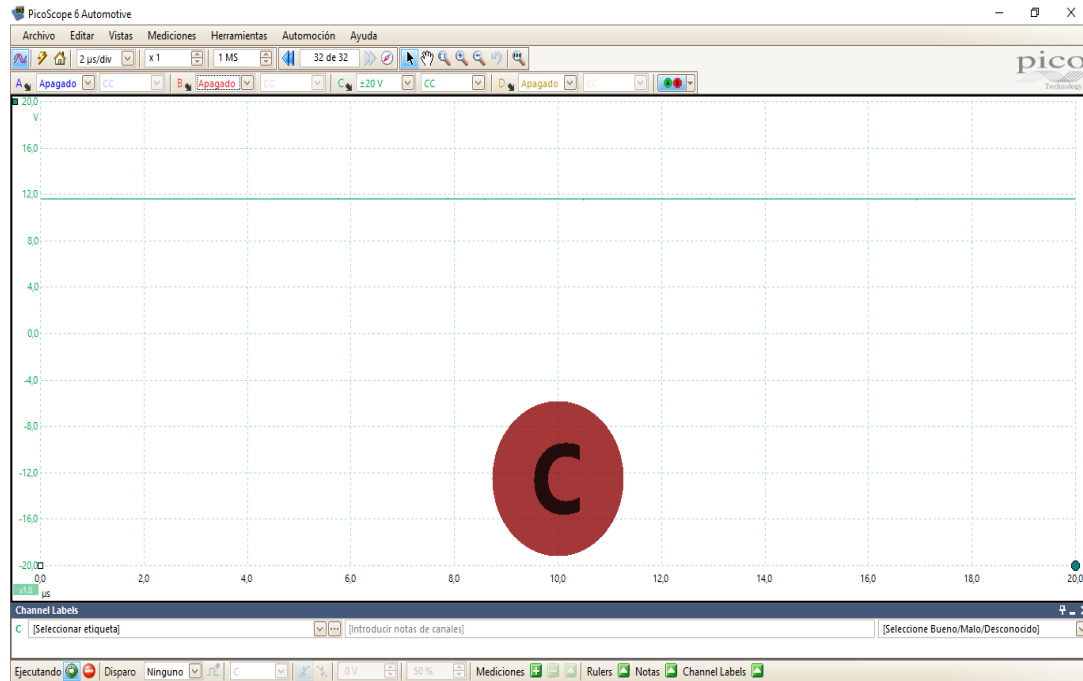


Figura 155. Voltaje de referencia de los inyectores

En la Figura 155 se puede apreciar el voltaje de referencia con el que trabajan los inyectores, además que los inyectores trabajan con una alimentación de 12V CC.

Onda de los inyectores

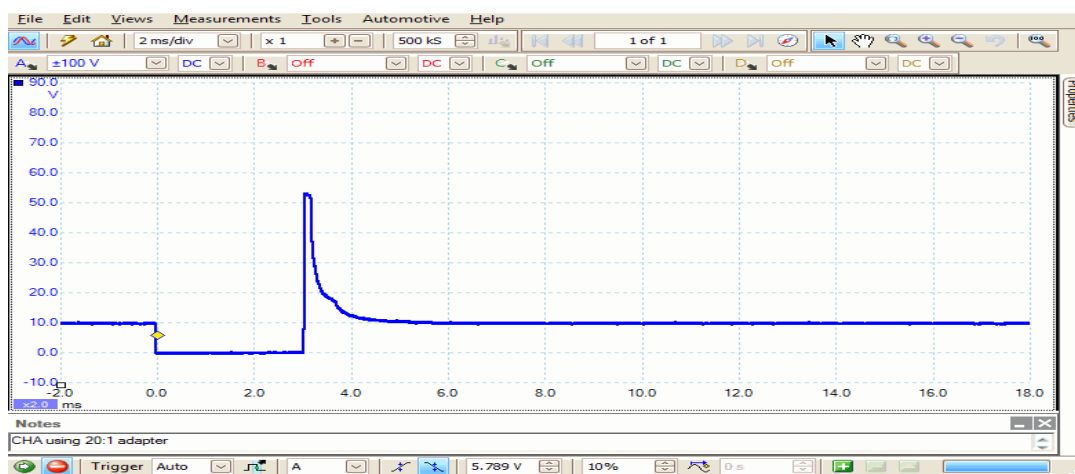


Figura 156. Onda de los inyectores

En la Figura 156 se puede apreciar la forma de onda característica de los inyectores, como es conocido un inyector es una bobina por lo cual tiene un tiempo de alimentación y un tiempo de saturación, por lo cual se observa el tiempo de alimentación en 2ms con un tiempo de saturación de 3ms, generando un pico inductivo de 53V.

Datos obtenidos en el analizador de gases

Tabla 86. Datos obtenidos en el analizador de gases con el motor apagado

Ítem	Valor
CO	0
CO ₂	0
HC	0
O ₂	20.80
NO _x	- . -
RPM	0

En la Tabla 86 se puede apreciar los datos en el analizador de gases con el motor apagado. Los porcentajes y niveles se encuentran en cero a excepción del oxígeno, el cual marca un porcentaje de 20,80 debido a que la sonda del analizador muestra el porcentaje de oxígeno en el ambiente.

Tabla 87. Datos obtenidos en el analizador de gases con el motor en ralentí

Ítem	Valor
CO	0.01
CO ₂	12.7
HC	6
O ₂	4.44
NO _x	1245
RPM	0

En la Tabla 87 se puede apreciar los datos en el analizador son con el motor en ralentí. El porcentaje de CO es de 0.01, el CO₂ está presente con un porcentaje de 12.7, los hidrocarburos se presentan con 6 partes por millón (ppm), el O₂ con un porcentaje de 4.44 y el factor lambda esta en 1.245 ppm.

Datos obtenidos en el compresímetro

Tabla 88. Datos obtenidos en el compresímetro

N° Cilindro	Valor	Medida
1	145	psi
2	145	psi
3	145	psi
4	145	psi

En la Tabla 88 se puede apreciar los datos obtenidos en el compresímetro el cual nos indica una medida de 145psi, medición que se repitió en los 4 cilindros, es decir que el estado del motor está en perfecto funcionamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El estudio y caracterización sobre el M.C.I (Ciclo Atkinson) del Toyota PRIUS 2010, se logró definir mediante la investigación realizada en fuentes bibliográficas confiables y principalmente en fuentes del fabricante (Manual de Reparación Toyota PRIUS 2010); con lo cual permitirá que el estudiante amplíe su conocimiento en cuanto a este componente.

Se realizó el respectivo análisis de cada uno de los componentes que conforman el M.C.I en base a su sistema de trabajo y funcionamiento.

Se explicó el método de trabajo del Ciclo Atkinson del Toyota PRIUS a través del análisis técnico y del flujo de trabajo en su circuito eléctrico y electrónico.

Se verificó los parámetros de medición proporcionado por el manual de fabrica del vehículo en las diferentes pruebas que se realizó.

Se estableció una guía de práctica sobre el M.C.I en la cual se muestra los pasos a seguir para el mantenimiento y revisión técnica de la misma, para sí demostrar si éste cumple con los parámetros de trabajo o si debe ser reemplazado uno de sus componentes.

Recomendaciones

Se recomienda leer el Manual del Usuario y de Reparación del Toyota PRIUS 2010 para poder conocer los principios de manejo y mantenimiento del vehículo, dado que de esta manera el propietario y/o técnico prestara las correctas condiciones de trabajo que conlleva este vehículo híbrido.

Se recomienda a la Universidad incrementar y actualizar la información sobre motores térmicos que posee biblioteca.

Basándose en la exigencia de aprender sobre las nuevas tecnologías automotrices es recomendable brindar cursos de capacitación sobre estos temas al alumnado de la Institución.

Al contar el taller de la Universidad con un vehículo híbrido se recomienda adquirir equipos que faciliten el estudio del mismo, como el escáner Techstream original de Toyota.

Se recomienda a los estudiantes de la Universidad realizar las mismas mediciones cuando el vehículo haya alcanzado los 100000 Km de recorrido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Jiménez J. E. (2013). *Estudio del sistema híbrido, diseño, construcción e implementación de un modelo de conexión de fuerzas propulsoras de transmisión por medio de engranajes planetarios*. Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Quito.
- Alonso, P. J. (2009). *Técnicas del automóvil: Motores*. Madrid: Paraninfo.
- Benavides, I. B., & Murillo, C. W. (2012). *Elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza del funcionamiento del motor térmico de ciclo atkinson del vehículo Toyota Prius*. Ibarra, 2012.
- Blanco, J. (2008). “Catálisis para la protección ambiental”, Instituto de Catálisis y Petroquímica, España.
- Calle, F.J. (2012). Evaluación técnica del desempeño y prestaciones del vehículo TOYOTA PRIUS III generación en la ciudad de Cuenca. Tesis de grado, Universidad del Azuay, Cuenca.
- Cañarte Casal, C. A. (2016). Estudio de las curvas características de motor del vehículo híbrido Toyota Prius año 2010. Guayaquil, 2016.
- Carreño Duque L, Moreno Quevedo F, Quintana Gómez D, Gordillo E & Suarez J. (2012). Mantenimiento mecatrónico de automotores, SENA CTT (centro de tecnología y transporte), Bogotá D.C
- David G. Morrison. (2010). Hybrid vehicles Drive New Demands for Power Electronics Expertise. Editor, How to Power Today, Enero 2010.
- Enríquez Harper, Gilberto. (2005). El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos.
- Erazo A & Moreno V. (2004). Técnicas para mejorar el funcionamiento de los motores a gasolina en la altura, Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Francisco Xavier Castillo Mondragón & Andrés Alejandro Torres Brito. (2011). Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generados por los vehículos híbridos. Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas del Ecuador, Latacunga.

- Gonzales J. (2002), Catálisis, automóvil y medio ambiente, Facultad de ciencias, Universidad del País Vasco, Bilbao.
- Herbert, L. (1983). Reparación de la maquinaria pesada. 5ta.ed. México: Continental S.A.
- Hidalgo Guevara M. (2010). Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina. Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional.
- Hsu, J. (2005). Report on Toyota Prius Motor Thermal Management. doi:10.2172/885987
- Macías Monserrate, O. G. (2015). Estudio Y análisis del sistema de encendido y arranque del Toyota Prius. Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil.
- Monterrey, T. d. (2014). *Seminario de geometria de motor*. Toluca: Tec Monterrey.
- Motores de gasolina de ciclo Atkinson (2012): cultura general para el S.XXI. (n.d.). Retrieved from <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/09/01/motores-de-gasolina-de-ciclo-atkinson-cultura-general-para-el-s-xxi/>
- Mora Romero, M. A. (2015). Estudio y análisis del motor de combustión interna del vehículo híbrido Toyota PRIUS modelo A. Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil.
- Navarro, J. (2003). Mantenimiento de Vehículos Autopropulsados. 3ra.ed. México: Thomson-Paraninfo.
- Payri, G. F., & Desantes, F. J. (2011). Motores de combustión interna alternativos. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Perdomo Sánchez P. E. (2015). Análisis teórico y práctico del motor de combustión interna del vehículo Toyota Prius. Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Torres, M. (2001). Manual Básico de Mantenimiento automotriz.5ta.ed. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Torres, & Castillo. (2001). Análisis de rendimiento, consume y emisiones generadas por los vehículos híbridos. Escuela Politécnica del Ejército.

TOYOTA MOTOR CORPORATION. (2009). *Repair Manual Quality Report* (2009 ed.). Japón, JP: Autor.

Toyota Prius Plug-In Hybrid, a prueba (I): *híbrido y eléctrico en un sólo botón*. Recuperado de <http://www.diariomotor.com/tecnologia/2013/03/20/toyota-prius-plug-in-hybrid-a-prueba-i-hibrido-y-electrico-en-un-solo-boton/>

ANEXOS

Anexos 1: Equipos



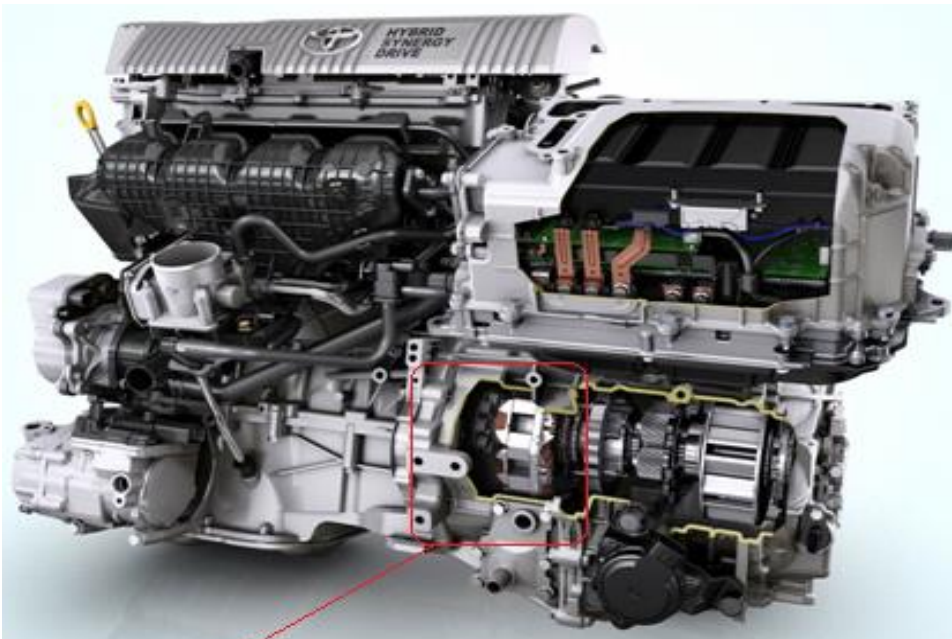
Anexos 2: Práctica

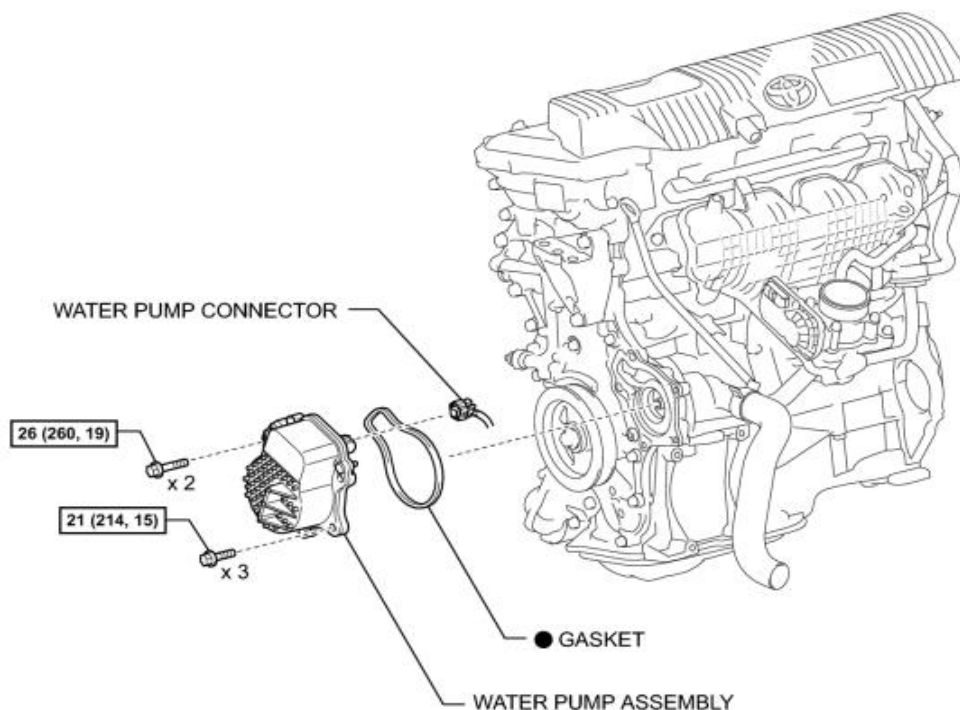
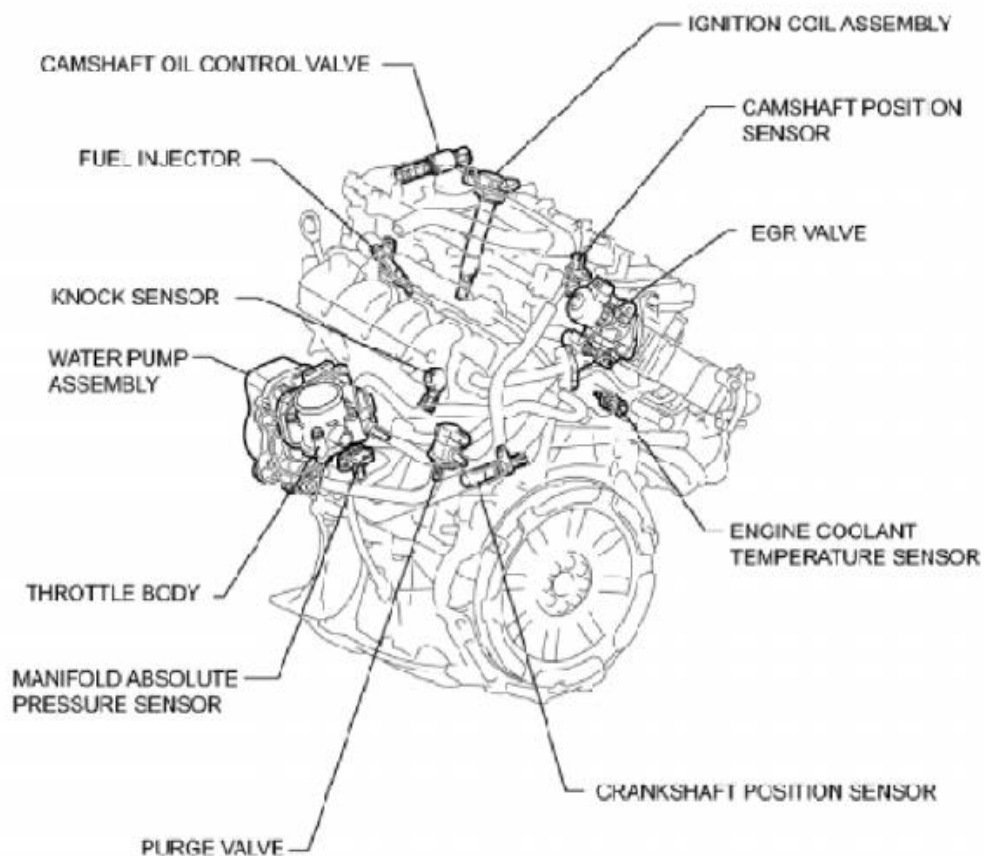






Anexos 3: Extractos del manual





N*m (kgf*cm, ft.*lbf): Specified torque

● Non-reusable part

Recommended Spark Plug

Manufacturer	Spark Plug Type
DENSO	SC20HR11

(d) Check the spark plug electrode gap.

Text in Illustration

*1 Spark Plug Electrode Gap

Maximum Electrode Gap for Used Spark Plug:

Electrode Gap
1.3 mm (0.0512 in.)

If the gap is greater than the maximum, replace the spark plug.

Electrode Gap for New Spark Plug:

Electrode Gap
1.0 to 1.1 mm (0.0394 to 0.0433 in.)

(e) Clean the spark plugs.

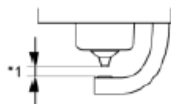
If the electrode has traces of wet carbon, clean the electrode with a spark plug cleaner and then dry it.

Standard air pressure:

588 kPa (6.0 kgf/cm², 85 psi)

Standard duration:

20 seconds or less.



P

