



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TEMA:

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL
VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS MODELO A**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTOR:

MARLÓN ALEXIS MORA ROMERO

GUAYAQUIL, AGOSTO 2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

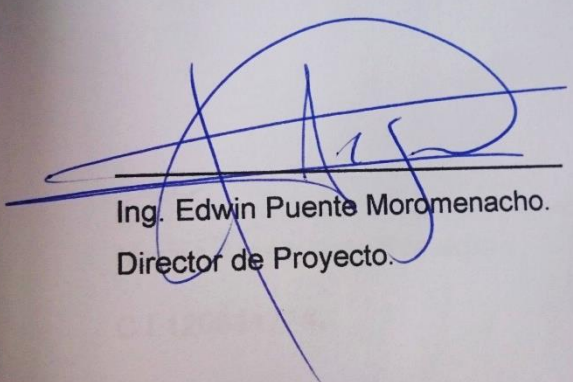
Ing. Edwin Puente Moromenacho

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“ESTUDIO Y ANÁLISIS MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS MODELO A”** realizado por el estudiante: **Marlon Alexis Mora Romero**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizo al señor: Marlon Alexis Mora Romero, que lo entregue en biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Agosto del 2015.



Ing. Edwin Puente Moromenacho.
Director de Proyecto.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Marlon Alexis Mora Romero,

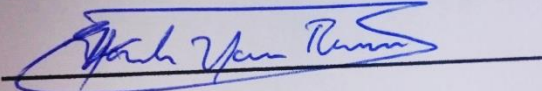
DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS MODELO A”** ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyado en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería Automotriz.

Guayaquil, Agosto del 2015,



Marlon Alexis Mora Romero.
C.I.1206412742

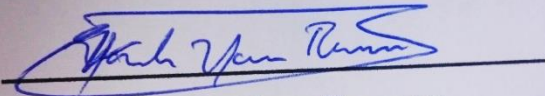
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Marlon Alexis Mora Romero,

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS MODELO A”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusividad, responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Agosto del 2015.



Marlon Alexis Mora Romero.
C.I.1206412742

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme vida y permitirme realizar cada uno de los objetivos planteados en mi vida. A mi familia, especialmente a mis padres que siempre estuvieron en cada momento para ayudarme y guiarme frente a los diferentes problemas que se presentaron.

A la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, por haberme acogido, permitiéndome ser parte de esta gran familia que conformamos todos.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Automotriz por haber compartido sus conocimientos.

A mis compañeros que siempre estuvieron extendiendo la mano para ayudar ante cualquier situación.

Marlon Alexis Mora Romero.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres; Marlon Mora Medina y María Eugenia Romero, por su gran apoyo y paciencia que tuvieron conmigo en el desarrollo de mi vida profesional, por sus buenos consejos que hicieron de mí una persona capaz, sin ellos no hubiera podido realizarme como profesional.

Marlon Alexis Mora Romero.

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	I
CERTIFICADO	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
CAPÍTULO I	19
MARCO TEÓRICO	19
1.1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.	19
1.1.1. Formulación del problema.....	19
1.1.2. Sistematización del problema.....	19
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.2.1. Objetivo General.....	19
1.2.2. Objetivos Específicos.....	20
1.3. HIPÓTESIS	20
1.3.1. Variables de hipótesis.....	20
1.3.1.1. <i>Variables independientes</i>	20
1.3.1.2. <i>Variables dependientes</i>	20
1.4. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	21
1.4.1. Clasificación de los motores de combustión interna.....	21
1.4.2. Ciclos de trabajos de los motores de combustión interna.....	22
1.4.2.1. <i>Motor de ciclo Otto</i>	22
1.4.2.2. <i>Motor de ciclo Diésel</i>	28
1.4.2.3. <i>Motor de ciclo Atkinson</i>	30
1.4.3. Composición de un motor de combustión interna.....	32

1.4.3.1. Componentes fijos.....	32
1.4.3.2. Componentes móviles.....	33
1.4.3.3. Sistema de distribución.....	36
1.4.3.4. Sistema de alimentación de aire.....	37
1.4.3.5. Sistema de alimentación de combustible.....	37
1.4.3.6. Sistema de lubricación.....	38
1.4.3.7. Sistema de refrigeración.....	38
1.4.3.8. Sistema eléctrico.....	39
1.5. VEHÍCULO TOYOTA PRIUS.....	40
1.5.1. Primera generación.....	41
1.5.2. Segunda generación.....	42
1.5.3. Tercera Generación.....	42
1.6. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL TOYOTA PRIUS.....	43
1.7. APLICACIONES VARIAS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	46
1.7.1. Motores de combustión interna aplicados en maquinarias agrícolas.....	46
1.7.2. Motores de combustión interna aplicados para la propulsión marina.....	47
1.7.3. Motores de combustión interna aplicados en generadores de energía.....	48
1.7.4. Motores de combustión interna aplicados para la propulsión aérea.....	49
CAPÍTULO II.....	50
ESTUDIO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS 2010.....	50
2.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	50
2.1.1. Características del motor.....	50
2.1.2. Sistema de lubricación.....	51
2.1.3. Sistema de refrigeración.....	52
2.1.4. Sistema eléctrico.....	52
2.2. COMPROBACIONES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	52
2.2.1. Prueba de estanqueidad.....	53
2.2.2. Medición de presión de aceite.....	54
2.2.3. Inspección de la bomba de aceite.....	55
2.2.4. Inspección de la batería auxiliar.....	57
2.2.5. Inspección del filtro del depurador de aire.....	59
2.2.6. Comprobación del régimen de ralentí del motor.....	60

2.2.7.	Inspección de la válvula y el ruido del dispositivo de ajuste.....	62
2.2.8.	Medición de compresión.....	64
2.2.9.	Medición del CO/HC.....	65
2.2.10.	Mediciones y comprobaciones en el bloque del motor.....	66
2.2.11.	Mediciones en el conjunto pistón-biela.....	68
2.2.12.	Mediciones en el cigüeñal.....	71
2.2.13.	Mediciones en la culata.....	76
2.2.14.	Mediciones en las válvulas.....	78
2.2.15.	Inspección en los árboles de levas.....	80
2.2.16.	Inspección de pernos.....	83
2.3.	PARÁMETROS DEL FABRICANTE.....	84
2.3.1.	Parámetro de prueba de estanqueidad.....	84
2.3.2.	Parámetros de presión de aceite.....	84
2.3.3.	Parámetros de holguras en bomba de aceite.....	85
2.3.4.	Parámetros de tensión de la batería auxiliar.....	85
2.3.5.	Parámetros del régimen de ralentí del motor.....	86
2.3.6.	Parámetros de la compresión del motor.....	86
2.3.7.	Parámetros de medición del CO/HC.....	87
2.3.8.	Parámetros de mediciones y comprobaciones en el bloque de motor.....	88
2.3.9.	Parámetros de mediciones en el conjunto pistón-biela.....	88
2.3.10.	Parámetros de mediciones en el cigüeñal.....	92
2.3.11.	Parámetros de mediciones en la culata.....	94
2.3.12.	Parámetros de mediciones en las válvulas.....	95
2.3.13.	Valores de medición en el árbol de levas.....	97
2.3.14.	Inspección de pernos.....	99
CAPÍTULO III.....	100	
ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS 2010.....	100	
3.1. ELEMENTOS TÉCNICOS DE PRUEBA.....	100	
3.1.1.	Herramientas.....	100
3.1.1.1.	<i>Herramientas principales.....</i>	100
3.1.1.2.	<i>Herramientas de medición.....</i>	102
3.1.1.3.	<i>Herramientas de especiales.....</i>	105
3.1.1.4.	<i>Herramientas varias.....</i>	105
3.1.2.	Equipos de diagnósticos.....	106
3.1.3.	Materiales.....	109

3.2. NORMAS DE SEGURIDAD.....	109
3.2.1. Normas de seguridad general.....	109
3.2.2. Normas de seguridad en la práctica.....	110
3.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS RESULTANTES.....	112
3.3.1. Análisis de parámetros en prueba de estanqueidad.....	112
3.3.2. Análisis de parámetros de presión de aceite.....	113
3.3.3. Análisis de parámetros de tensión de la batería auxiliar.....	113
3.3.4. Análisis de parámetros del régimen de ralentí del motor.....	114
3.3.5. Análisis de parámetros de la compresión.....	114
3.3.6. Análisis de parámetros de CO/HC.....	115
CAPÍTULO IV	116
DISEÑO DE LA PROPUESTA	116
4.1. TOYOTA PRIUS HÍBRIDO MODELO A 2010 UIDE GYE.....	116
4.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL TOYOTA PRIUS HÍBRIDO MODELO A 2010 UIDE GYE.....	117
4.3. PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN.....	117
CAPÍTULO V	119
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	119
5.1. CONCLUSIONES.....	119
5.2. RECOMENDACIONES.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	121
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	122
ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Fases del motor de ciclo Otto.	23
Figura 1.2. Presión vs volumen de ciclo Otto (teórico).....	24
Figura 1.3. Ciclo Otto teórico (Ángulos de giro).	24
Figura 1.4. Presión vs volumen de ciclo Otto (real).....	25
Figura 1.5. Ciclo Otto práctico (Ángulos de giro admisión-compresión).....	26
Figura 1.6. Ciclo Otto práctico (Ángulos de giro explosión).	27
Figura 1.7. Diagrama circular del ciclo Otto práctico (Ángulos de giro escape).	27
Figura 1.8. Fases del motor de ciclo Diésel.	28
Figura 1.9. Presión vs volumen de ciclo Diésel (teórico).....	29
Figura 1.10. Ciclo diésel práctico (Ángulos de giro).	30
Figura 1.11. Comparación de presión vs volumen entre el ciclo Otto y Atkinson.	31
Figura 1.12. Culata de motor con árbol de levas.....	32
Figura 1.13. Bloque de motor.....	33
Figura 1.14. Cáster de motor.....	33
Figura 1.15. Pistón.	34
Figura 1.16. Rines.....	34
Figura 1.17. Brazo de biela.	35
Figura 1.18. Bulón.....	35
Figura 1.19. Cigüeñal.....	36
Figura 1.20. Cojinetes.....	36
Figura 1.21. Hybrid Synergy Drive.	41
Figura 1.22. Tercera generación del Toyota Prius.	43
Figura 1.23. Motor de combustión interna (2ZR-FXE).	44
Figura 1.24. Bloque del motor 2ZR-FXE.	45
Figura 1.25. Curvas de rendimiento.	46
Figura 1.26. Tractor.....	47
Figura 1.27. Cigüeñal para motor de combustión interna de barco.....	48
Figura 1.28. Generador de electricidad.....	48
Figura 1.29. Motor radial.	49
Figura 2.1. Prueba de estanqueidad.	53
Figura 2.2. Medición de presión del aceite.....	54
Figura 2.3. Comprobación de la válvula de descarga.	55
Figura 2.4. Medición de holgura entre puntas.....	56
Figura 2.5. Medición de holgura lateral.....	56
Figura 2.6. Medición de holgura del cuerpo.	57
Figura 2.7. Medición de tensión de batería auxiliar.....	58
Figura 2.8. Inspección de la manguera de ventilación de batería auxiliar... ..	58
Figura 2.9. Desmontaje de tapa del depurador.	59
Figura 2.10. Filtro del depurador de aire.	59

Figura 2.11.	Montaje de la tapa del depurador de aire.....	60
Figura 2.12.	Conexión de Techstream al conector de enlace de datos.	61
Figura 2.13.	Uso del Techstream.....	61
Figura 2.14.	Control del sistema inteligente de control electrónico de la mariposa de gases (ETCS-i) en Techstream.....	62
Figura 2.15.	Comprobación del dispositivo de ajuste de holgura de la válvula.....	63
Figura 2.16.	Instalación del manómetro de compresión.....	64
Figura 2.17.	Activación de medición de compresión en Techstream.	65
Figura 2.18.	Análisis de CO/HC.	66
Figura 2.19.	Comprobación de deformación de bloque.	67
Figura 2.20.	Medición de cilindros.....	67
Figura 2.21.	Medición del diámetro del pistón.....	68
Figura 2.22.	Medición de holgura de la ranura de los rines.	68
Figura 2.23.	Medición de juego axial de los rines.	69
Figura 2.24.	Medición de diámetro interior de alojamiento de bulón.	69
Figura 2.25.	Medición del bulón.	70
Figura 2.26.	Medición del extremo pequeño de la biela.....	70
Figura 2.27.	Medición de descentralizado de cigüeñal.	71
Figura 2.28.	Medición de muñones de bancada en el cigüeñal.	72
Figura 2.29.	Medición de muñones de biela en el cigüeñal.	72
Figura 2.30.	Ubicación del plastigage.	73
Figura 2.31.	Posición de los sombreretes del cigüeñal.	73
Figura 2.32.	Montaje de cigüeñal.....	74
Figura 2.33.	Orden de apriete de pernos del cigüeñal.	74
Figura 2.34.	Marcación del perno del cigüeñal.....	75
Figura 2.35.	Desmontaje de los sombreretes del cigüeñal.	75
Figura 2.36.	Medición del plastigage.....	76
Figura 2.37.	Inspección del juego de empuje del cigüeñal.....	76
Figura 2.38.	Medición de deformación de culata.....	77
Figura 2.39.	Comprobación de grietas en la culata.....	77
Figura 2.40.	Mediciones en la válvula.	78
Figura 2.41.	Tipos de resortes.	78
Figura 2.42.	Medición de longitud en el resorte.	79
Figura 2.43.	Medición de la desviación en el resorte.	79
Figura 2.44.	Medición del diámetro del casquillo de guía.	80
Figura 2.45.	Ubicación de plastigage en árbol de levas.....	80
Figura 2.46..	Orden de posición de sombreretes de los árboles de levas...	81
Figura 2.47.	Orden de apriete de los pernos de los árboles de levas.	81
Figura 2.48.	Orden para aflojar los 10 pernos de los árboles de levas.	82
Figura 2.49.	Orden para aflojar los 15 pernos de los árboles de levas.	82
Figura 2.50.	Inspección de juego de empuje en el árbol de levas.....	83
Figura 2.51.	Medición en perno de cigüeñal.	83

Figura 2.52. Medición en perno de biela.	84
Figura 3.1. Vehículo híbrido Toyota Prius 2010 UIDE GYE.	101
Figura 3.2. Cable del interface.	101
Figura 3.3. Computadora.	102
Figura 3.4. Techstream.	102
Figura 3.5. Alexómetro.	103
Figura 3.6. Micrómetro.	103
Figura 3.7. Galga de espesores.	104
Figura 3.8. Calibrador de interior.	104
Figura 3.9. Medidor de cuadrante.	104
Figura 3.10. Calibre de nonio.	105
Figura 3.11. Herramienta empujadora de válvula.	105
Figura 3.12. Compresímetro.	106
Figura 3.13. Medidor de presión de aceite.	107
Figura 3.14. Medidor de presión del radiador.	107
Figura 3.15. Analizador de gases de escape.	108
Figura 3.16. Multímetro.	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Especificaciones del motor de combustión interna.....	50
Tabla 2.2. Grado estándar del aceite de motor (para EEUU y Canadá).....	51
Tabla 2.3. Grado estándar del aceite de motor (para Latinoamérica).	51
Tabla 2.4. Capacidad estándar del aceite de motor.	51
Tabla 2.5. Capacidad estándar del refrigerante de motor.	52
Tabla 2.6. Especificaciones de batería auxiliar.....	52
Tabla 2.7. Parámetros de presión de aceite.....	85
Tabla 2.8. Parámetros de holgura en bomba de aceite.....	85
Tabla 2.9. Parámetros de tensión en batería auxiliar.	86
Tabla 2.10. Causas posible según el CO/HC.	87
Tabla 2.11. Deformación máxima del bloque.	88
Tabla 2.12. Valores de los diámetros del cilindro.	88
Tabla 2.13. Diámetro del pistón.....	88
Tabla 2.14. Valores de holgura del aceite para el pistón.....	89
Tabla 2.15. Valores de holgura de la ranura de los rines.	89
Tabla 2.16. Valores estándares de huelgo axial de los segmentos del pistón.	89
Tabla 2.17. Valores máximos de huelgo axial de los segmentos del pistón.	90
Tabla 2.18. Diámetro interior de alojamiento de bulón.	90
Tabla 2.19. Valores del diámetro interior de alojamiento de bulón según el elemento.....	90
Tabla 2.20. Diámetro del bulón.....	91
Tabla 2.21. Valores del diámetro del bulón según el elemento.	91
Tabla 2.22. Diámetro del extremo pequeño de la biela.	91
Tabla 2.23. Valores del diámetro del extremo pequeño de la biela según el elemento.....	91
Tabla 2.24. Holgura de aceite (alojamiento de bulón-bulón).	92
Tabla 2.25. Holgura (pie de brazo de biela-bulón).....	92
Tabla 2.26. Descentramiento del cigüeñal.	92
Tabla 2.27. Diámetro del muñón de bancada.....	93
Tabla 2.28. Valores del diámetro del muñón de bancada según la marca. .	93
Tabla 2.29. Diámetro del muñón de biela en el cigüeñal.....	93
Tabla 2.30. Valores de holgura para aceite del cigüeñal.....	94
Tabla 2.31. Valores del juego de empuje del cigüeñal.	94
Tabla 2.32. Valores de deformación máximo.	95
Tabla 2.33. Valores de longitud total de las válvulas.....	95
Tabla 2.34. Valores del diámetro del vástago de las válvulas.	95
Tabla 2.35. Valores de grosor de las válvulas.....	96
Tabla 2.36. Valores de la longitud libre de los muelles de compresión.	96
Tabla 2.37. Valores de desviación de los muelles de compresión.	96
Tabla 2.38. Diámetro interior de la guía de la válvula.....	97

Tabla 2.39. Valores estándares de la holgura para aceite de la guía de las válvulas.	97
Tabla 2.40. Valores máximos de la holgura para aceite de la guía de las válvulas.	97
Tabla 2.41. Valores del juego de empuje del árbol de levas.	98
Tabla 2.42. Valores estándares de holgura para aceite del árbol de levas.	98
Tabla 2.43. Valores máximos de holgura para aceite del árbol de levas.....	98
Tabla 2.44. Valores de la longitud de los pernos de los sombreretes del cigüeñal.	99
Tabla 2.45. Valores del diámetro de los pernos de los sombreretes del cigüeñal.	99
Tabla 2.46. Valores del diámetro de los pernos de las bielas.	99
Tabla 3.1. Valores resultantes de la presión de aceite.	113
Tabla 3.2. Valor resultante de la tensión de la batería.	113
Tabla 3.3. Valor resultante de la tensión de la batería.	114
Tabla 3.4. Valor resultante de los gases de escape.	115
Tabla 3.5. Valores permitidos de los gases de escape.	115

RESUMEN

La presente investigación tiene como principal objetivo realizar un estudio y análisis del motor de combustión interna del vehículo Toyota Prius Modelo A mediante una investigación dentro de la Universidad Internacional del Ecuador para elaborar un manual de estudio con procedimientos puntuales y específicos a seguir.

El motor de combustión interna es una máquina térmica que transforma la energía química que proporciona el combustible en energía mecánica y esta sirve para impulsar un automóvil. En el vehículo híbrido Toyota Prius modelo "A" el motor de combustión interna mueve el automóvil mientras las baterías de alto voltaje son recargadas y deja de funcionar una vez que estas se han cargado lo suficiente para que se ponga marcha el motor eléctrico. Cuando se requiere de mucha potencia trabajan los dos motores.

Al motor de combustión interna del vehículo híbrido Toyota Prius modelo "A" se le realizaron pruebas de diagnóstico y se comprobaron los valores reales con los parámetros del fabricante, de esta manera se pudo conocer el estado en que se encuentra trabajando el motor de combustión.

Con las pruebas que se realizaron al motor de combustión interna del vehículo híbrido Toyota Prius modelo "A" y a sus diferentes sistemas se pudo determinar el buen estado de trabajo.

ABSTRACT

This research has as main objective to carry out a study and analysis of the internal combustion engine vehicle Toyota Prius Model A through research within the International University of Ecuador to develop a manual of study with specific and specific procedures to follow.

The internal combustion engine is a heat engine that converts chemical energy that provides fuel into mechanical energy and this serves to drive a car. In the Toyota Prius hybrid vehicle "A" the internal combustion engine moves the car while the high-voltage batteries are recharged and stops operating once these have been loaded up enough to put the electric motor. Both engines work when it requires a lot of power.

The internal combustion engine of the Toyota Prius hybrid vehicle "A" diagnostic tests were performed and actual values were checked with the parameters of the manufacturer, so you could know the state in which the engine is working.

The tests were performed at the internal combustion engine of the hybrid vehicle Toyota Prius "A" and its different systems could determine the good work.

INTRODUCCIÓN

Los vehículos híbridos a diferencia de los vehículos convencionales son automóviles auto-propulsados por dos motores, un motor de combustión interna y un motor eléctrico. Con esto se obtienen las ventajas de consumir menor combustible (gasolina) y generar menos cantidad de contaminación al medio ambiente (CO/HC).

En la actualidad, en Ecuador se comercializa la tercera generación del vehículo híbrido Toyota Prius, este pertenece a los automóviles del segmento C y cuenta con dimensiones de 4460 mm de largo, 1745 mm de ancho y 1510 mm de alto.

La presente investigación consiste en realizar un estudio y análisis del motor de combustión interna del Toyota Prius modelo A 2010. El modelo del motor es 2ZR-FXE y su ciclo de trabajo es de ciclo Atkinson con el cual se consigue una mejor eficiencia de trabajo. Durante el análisis del motor se realizaron prácticas con procedimientos adecuados y herramientas especiales, todo esto servirá para poder dar a conocer cómo funciona el motor estos vehículos, como realizar los debidos mantenimientos e inspecciones.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Planteamiento, formulación y sistematización del problema.

Debido a la introducción de nuevas tecnologías (vehículos híbridos) en nuestro medio, con el objetivo de reducir las emisiones y preservar el medio ambiente, se ha generado el problema al momento de realizar diferentes mantenimientos en los vehículos híbridos, esto se debe a la escasa información válida que podemos encontrar ya sea de manera digital o física.

Es por eso que se ha visto la importancia de realizar una búsqueda de información específica de procedimientos adecuados de mantenimientos del motor de combustión interna para compartir y generar conocimientos a la comunidad.

1.1.1. Formulación del problema.

¿Es sustentable el estudio y análisis del motor de combustión interna del vehículo híbrido Toyota Prius modelo A?

1.1.2. Sistematización del problema.

- ¿Cuál será el impacto que se espera tener con la investigación?
- ¿Cuál es la metodología que se va aplicar para la recolección de datos?
- ¿Qué análisis son requeridos para el desarrollo de la investigación?

1.2. Objetivos de la investigación.

1.2.1. Objetivo General.

Realizar un estudio y análisis del motor de combustión interna del vehículo Toyota Prius Modelo A mediante una investigación dentro de la

Universidad Internacional del Ecuador para elaborar un manual de procedimientos puntuales y específicos a seguir.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Proporcionar información válida sobre el motor de combustión interna de los vehículos híbridos para generar introducción al conocimiento.

- Comparar los datos específicos del manual del fabricante del Toyota Prius modelo A con la realidad práctica en los talleres de la Universidad Internacional del Ecuador para verificar y corroborar su igualdad.

- Analizar los datos obtenidos de la recuperación de información para generar conclusiones satisfactorias de la investigación.

- Generar conclusiones que puedan ser distribuidas a través de medios digitales para la comunidad en general.

1.3. Hipótesis.

H1. ¿Los datos que proporciona el fabricante del vehículo híbrido Toyota Prius modelo A, concuerdan con la realidad práctica?

H2. ¿Es posible crear un impacto favorable a la población mediante esta investigación?

1.3.1. Variables de hipótesis.

1.3.1.1. Variables independientes.

- Vehículo híbrido Toyota Prius modelo A 2010.
- Motor de combustión interna (2ZR-FXE).

1.3.1.2. Variables dependientes.

- Herramientas.
- Equipos de diagnósticos.
- Materiales.

1.4. Motor de combustión interna.

El objetivo de un motor de combustión interna es realizar un trabajo eficaz que se consigue gracias a una explosión.

A diferencia de las máquinas de vapor la explosión o combustión que se genera para producir energía mecánica se da dentro del motor. Esta energía mecánica se obtiene de la energía química que proviene del combustible. El combustible tiene una energía interna que se manifiesta con un incremento de temperatura y presión (calor), esto es lo que genera el trabajo.

1.4.1. Clasificación de los motores de combustión interna.

Existen diferentes tipos de clasificación de los motores de combustión interna, entre estas tenemos:

Según el combustible:

- Gasolina.
- Diésel.
- G.L.P.
- G.N.C., entre otros.

Según el sistema de distribución:

- O.H.V.
- S.O.H.C.
- D.O.C.H.

Según el número de cilindros:

- Mono-cilindro.
- Poli-cilindros.

Según la disposición de los cilindros:

- En línea.
- En "V".
- Horizontales.

- Radiales.
- En "W", entre otros.

Según al sistema de refrigeración:

- Por líquido.
- Por aire.
- Mixtos.

Según la carrera del pistón por ciclo:

- Motores de 2 tiempos.
- Motores de 4 tiempos.

Según el ciclo de trabajo:

- Motor de ciclo Otto.
- Motor de ciclo Diésel.
- Motor de ciclo Atkinson, entre otros.

1.4.2. Ciclos de trabajos de los motores de combustión interna.

Los motores de combustión interna pueden trabajar según su construcción con diferentes ciclos termodinámicos, entre los más usados tenemos los ya antes mencionados.

1.4.2.1. Motor de ciclo Otto.

Se denominaban así (Motores de ciclo Otto) a los motores nafteros en honor al alemán Nicolaus August Otto quien fue su inventor en 1872 y su principal característica se debe a que todo el calor se aporta a volumen constante, en la teoría.

a. Ciclo teórico Otto.

El motor de ciclo Otto requiere de una mezcla (aire-combustible) que se introduce al cilindro para que esta se inflame mediante la ayuda de una chispa y se produzca la transformación de energía, produciendo un trabajo.

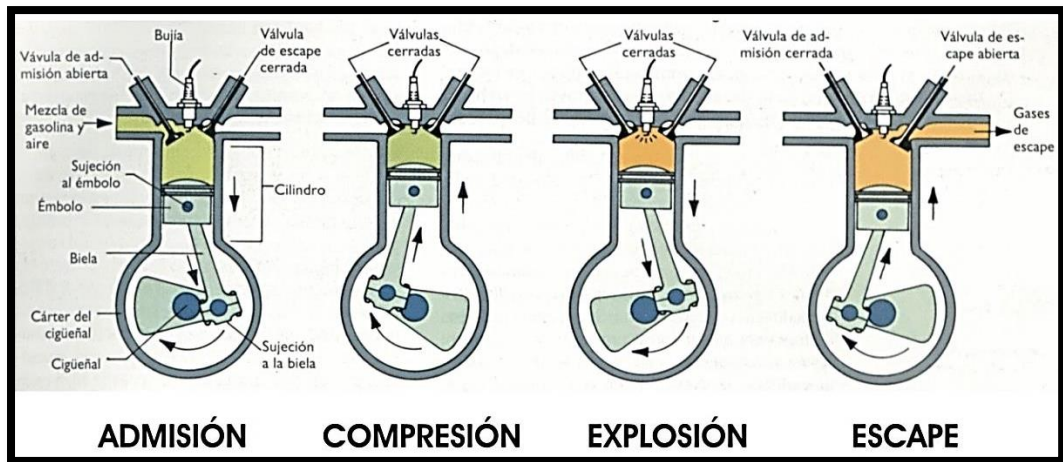


Figura 1.1. Fases del motor de ciclo Otto.

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Primer tiempo (Admisión).- La válvula de admisión abre permitiendo el ingreso de la mezcla (aire-combustible) dentro del cilindro, el pistón desciende del punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI). La admisión se realiza a presión constante debido a que la válvula de admisión se encuentra abierta y la presión es la misma que la del exterior (A-B).

Segundo tiempo (Compresión).- Tanto la válvula de admisión como la de escape se encuentran cerradas, el pistón sube del punto muerto inferior al punto muerto superior comprimiendo la mezcla en la cámara de combustión. La compresión la realiza de forma adiabática (B-C).

Tercer tiempo (Explosión).- Las válvulas siguen cerradas, la chispa salta produciendo la explosión de la mezcla y con esto el pistón desciende con fuerza del punto muerto superior al punto muerto inferior. La explosión de la mezcla comienza a volumen constante debido a que al pistón se mantiene en el mismo lugar (C-D). La expansión se realiza de forma adiabática (D-E).

Cuarto tiempo (Escape).- La válvula de escape abre y el pistón sube del punto muerto inferior al punto muerto superior retirando los gases quemados hacia el exterior (E-B). El volumen permanece constante (E-B).

De esta manera se completa el ciclo de trabajo teórico del motor de ciclo Otto el cual se realiza cada dos vueltas del cigüeñal y cada fase en 180° de giro.

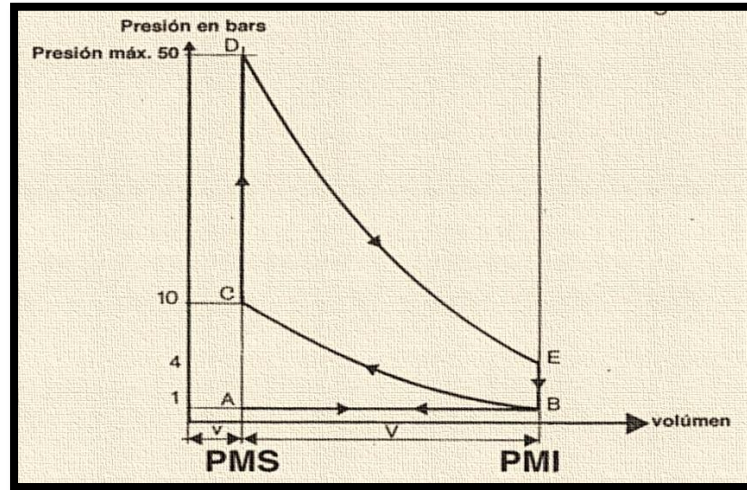


Figura 1.2. Presión vs volumen de ciclo Otto (teórico).

Fuente: González Calleja, David. Motores CFGM (2011)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

En un diagrama circular del funcionamiento del motor de ciclo Otto se observan las cuatro fases o cuatro tiempos, cada tiempo se realiza 180°, completando su ciclo de trabajo teórico a los 720° de giro.

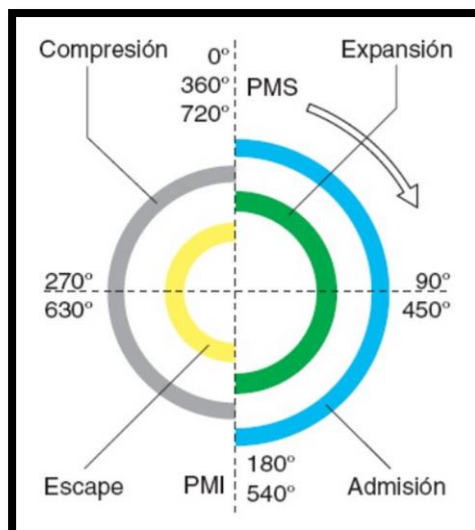


Figura 1.3. Ciclo Otto teórico (Ángulos de giro).

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Como ya se había mencionado el ciclo de trabajo teórico del motor, cada fase se realiza en 180° de giro pero esto no sucede en el ciclo de trabajo real, estas fases se realizan dependiendo del modelo del motor que dure más de 180° o menos.

El ciclo de trabajo teórico con el ciclo de trabajo real presenta diferencias en sus diagramas, esto sucede a las pérdidas de calor, combustión no instantánea, atrasos o retrasos de apertura y cierre de válvulas, entre otros.

b. Ciclo real Otto.

En el ciclo real Otto las transformaciones que se producen no son adiabáticas y tampoco tienen lugar a volumen constante debido a la inercia de los gases. Esto da como resultado una gráfica real un poco diferente a la teórica, quiere decir que el trabajo que se obtiene es menor.

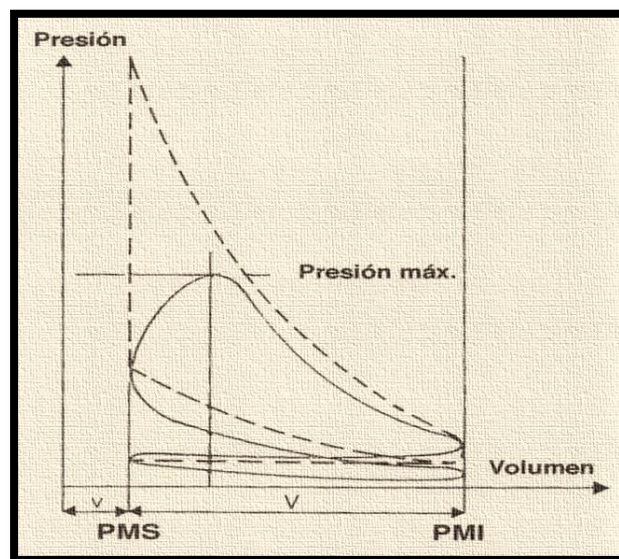


Figura 1.4. Presión vs volumen de ciclo Otto (real).

Fuente: González Calleja, David. Motores CFGM (2011)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Lo que ocurre en el ciclo real en sus diferentes tiempos visto en un diagrama circular se observará que las cuatro fases no se realizan cada 180° de giro como ya se había mencionado anteriormente.

Admisión.- El primer tiempo en el ciclo real dura más de 180° de giro. La válvula de admisión tiene un adelanto de apertura de 10° a 15° (AAA) y el cierre de la válvula no se produce a lo que el pistón alcanza el punto muerto inferior sino que se retrasa el cierre de la válvula de 40° a 45° (RCA). Con este adelanto de apertura y retraso de cierre de la válvula se aprovecha la inercia de los gases.

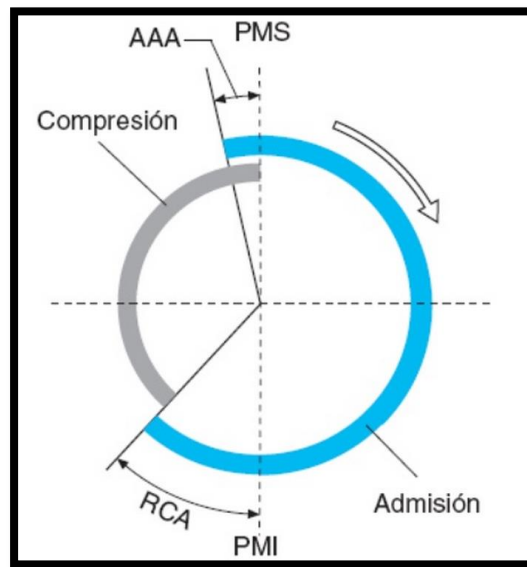


Figura 1.5. Ciclo Otto práctico (Ángulos de giro admisión-compresión).

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Compresión.- El segundo tiempo dura menos de 180° de giro. Antes de que el pistón alcance el punto muerto superior se produce el salto de la chispa, avance de encendido (AE). Esto se realiza debido a la explosión, tarda 2 ms.

Explosión.- El tercer tiempo comienza justo cuando se produce la explosión de la mezcla. Las válvulas se mantienen cerradas y el pistón desciende del punto muerto superior al punto muerto inferior. Antes de que el pistón haya terminado su recorrido la válvula de escape abre.

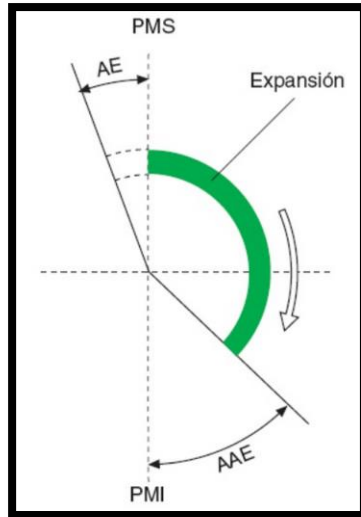


Figura 1.6. Ciclo Otto práctico (Ángulos de giro explosión).

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Escape.- En el cuarto tiempo la válvula de escape adelanta su apertura de 40° a 50° (AAE), esto para aprovechar la presión interna y que los gases salgan rápidamente. La válvula no cierra inmediatamente a lo que el pistón alcanza el punto muerto superior, tiene un retraso de cierre de 15° a 20° (RCE) esto para aprovechar la inercia de los gases para que salgan al exterior. Este último tiempo dura más de 180° de giro.

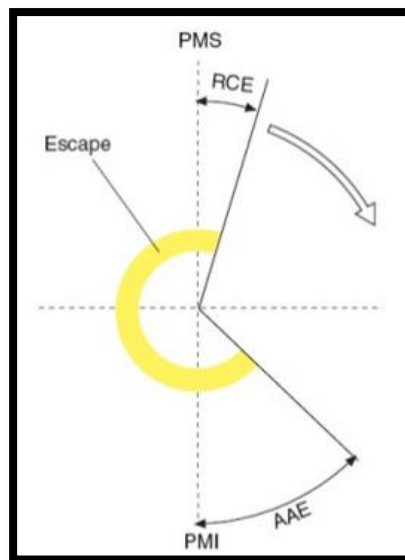


Figura 1.7. Diagrama circular del ciclo Otto práctico (Ángulos de giro escape).

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Al finalizar y comenzar el ciclo de trabajo del motor existe un cruce de válvulas llamado solape, esto significa el periodo de tiempo que las válvulas de admisión y escape se encuentran abiertas al mismo tiempo (20° a 25°) mientras el pistón está terminando su carrera de escape.

1.4.2.2. Motor de ciclo Diésel.

Llamado así en honor a su inventor, el Ingeniero Rudolf Diésel en febrero de 1892 obtuvo su primera patente del motor de ciclo diésel que a diferencia de los motores a gasolina utilizan gasóleo y su encendido no se realiza por la ayuda de una chispa sino por la alta temperatura que se genera en su cámara de combustión.

a. Ciclo teórico Diésel.

En los motores de ciclo Diésel en lugar de ir una bujía de encendido se encuentra ubicado un inyector.

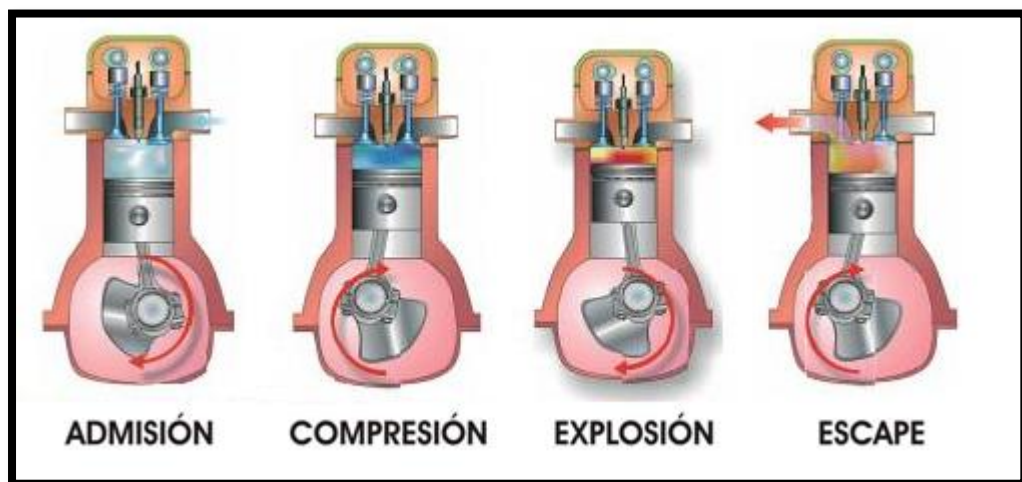


Figura 1.8. Fases del motor de ciclo Diésel.

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Admisión.- La válvula de admisión abre permitiendo el ingreso solamente de aire dentro del cilindro, el pistón desciende del punto muerto superior al punto muerto inferior.

Compresión.- La válvula de admisión se cierra, el pistón sube del punto muerto inferior al punto muerto superior comprimiendo el aire elevando la presión y temperatura de este.

Explosión.- Las válvulas se mantienen cerradas, el gasóleo se inyecta dentro del cilindro y se auto-inflama por la presión y temperatura del aire produciendo que el gas se expanda y empujando el pistón del punto muerto superior al punto muerto inferior.

Escape.- La válvula de escape abre y el pistón sube del punto muerto inferior al punto muerto superior empujando los gases quemados hacia el exterior.

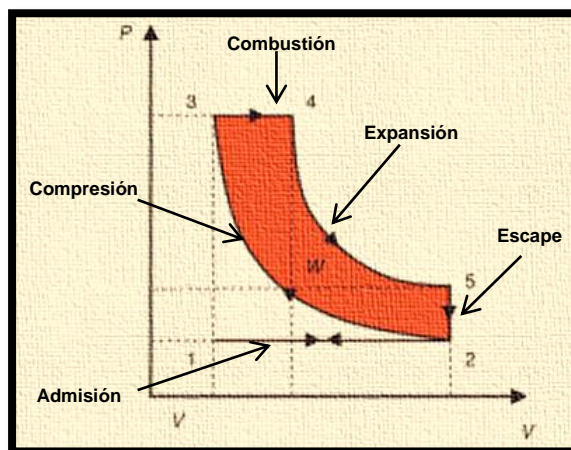


Figura 1.9. Presión vs volumen de ciclo Diésel (teórico).

Fuente: González Calleja, David. Motores CFGM (2011)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

b. Ciclo real Diésel.

En la práctica al igual que el ciclo Otto tiene sus adelantos y retrasos de válvulas el ciclo Diésel. En el tiempo de admisión la válvula de admisión tiene un adelanto de 10° a 25° antes del punto muerto superior (P.M.S.) y un retraso de 20° a 45° de giro del cigüeñal después del punto muerto inferior (P.M.I.).

La inyección de combustible no se da en el tercer tiempo sino que empieza en el segundo tiempo, al finalizar la compresión antes de que

llegue el pistón al punto muerto superior se inyecta el diésel, puede ser de 7° a 26° de giro de cigüeñal el adelanto de la inyección.

En el último tiempo (escape), la válvula de escape abre de 30° a 60° antes de que el pistón alcance el punto muerto superior y tiene un retraso de 10° a 20° de giro de cigüeñal después del punto muerto superior.

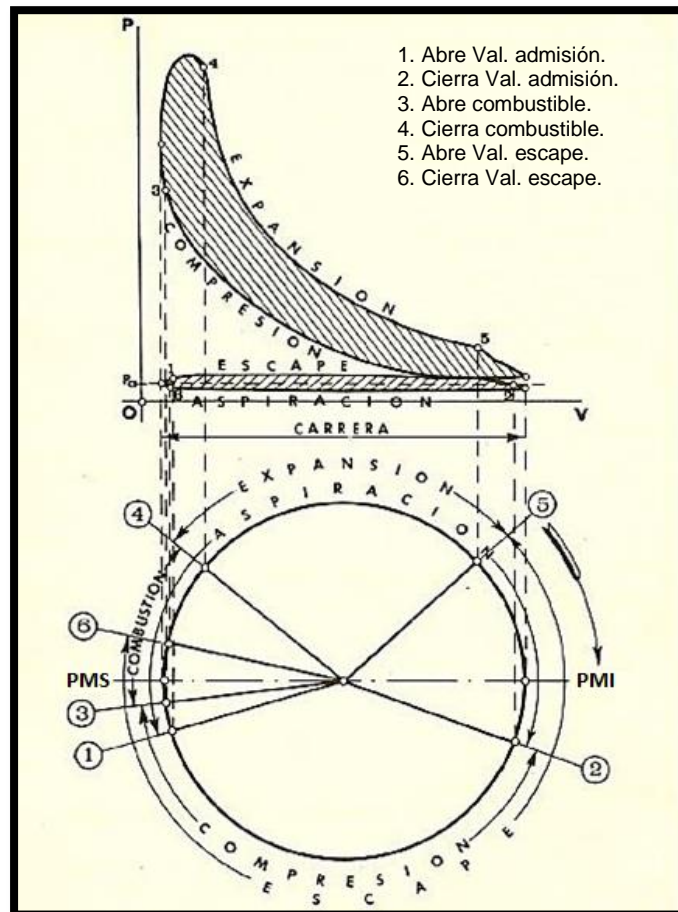


Figura 1.10. Ciclo diésel práctico (Ángulos de giro).

Fuente: González Calleja, David. Motores CFGM (2011)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.4.2.3. Motor de ciclo Atkinson.

Inventado por James Atkinson en el año de 1882, es un motor de combustión interna con el que se consigue una mayor eficiencia utilizando una mayor relación de compresión. Actualmente este ciclo se utiliza en los motores destinados para aplicaciones híbridas.

Cuando se eleva la relación de compresión el combustible debe tener un alto índice de octanaje para que este no se auto-detone antes de que salte la chispa.

Lo que realiza el motor de ciclo Atkinson para que la gasolina no se auto-inflame es retrasar el cierre de la válvula de admisión aún más que en el ciclo Otto permitiendo que exista un reflujo de gases hacia el múltiple de admisión, con esto solo se aprovecha una parte de la capacidad de compresión geométrica del motor.

La relación compresión contada desde que se cierra la válvula de admisión suele ser alrededor de 8:1 pero la relación de expansión la cual es toda la carrera del pistón desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior es de 13:1. Esta diferencia de volúmenes lo que hacen es que al final de la carrera de expansión la presión que existe dentro del cilindro es muy similar a la presión atmosférica a diferencia del ciclo Otto que la presión es superior. Dicha presión se pierde en el escape es decir no se aprovecha.

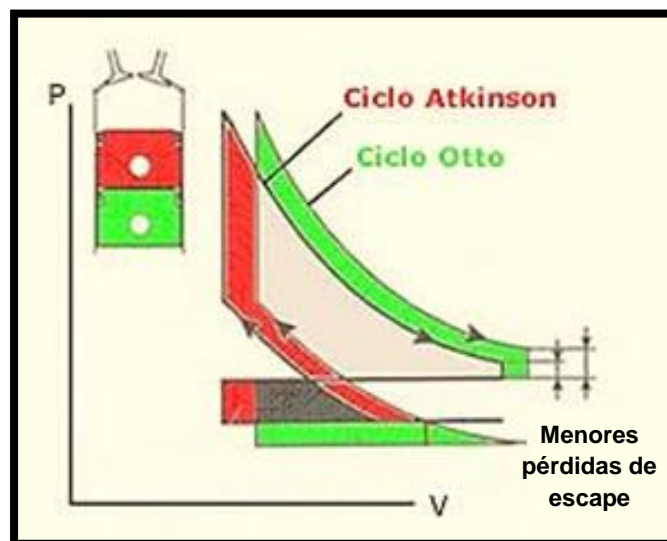


Figura 1.11. Comparación de presión vs volumen entre el ciclo Otto y Atkinson.

Fuente: González Calleja, David. Motores CFGM (2011)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.4.3. Composición de un motor de combustión interna.

El motor de combustión interna está conformado por componentes móviles, componentes fijos y posee diferentes sistemas para su funcionamiento.

Entre los diferentes sistemas que encontramos en el motor de combustión interna tenemos el de alimentación, distribución, lubricación, refrigeración y eléctrico.

1.4.3.1. Componentes fijos.

Es la parte estructural del motor de combustión interna en la cual se alojan los componentes móviles y estos son:

a. Culata.

Se lo conoce como culata o cabezote a la tapa del bloque del motor, en este se encuentran alojadas las válvulas, asiento de válvulas, guías entre otros componentes. Por lo general se encuentra hecha de aluminio con otras aleaciones.



Figura 1.12. Culata de motor con árbol de levas.

Fuente: Picabea, Alfonso. Ortega, José. Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo (2010)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

b. Bloque de motor.

Es la parte estructural más grande del motor y en este se encuentra alojado los cilindros, el tren alternativo y sus demás componentes. Puede ser de hierro fundido con aleaciones o aleaciones ligeras de aluminio.



Figura 1.13. Bloque de motor.

Fuente: Calderón Guerra, Martín. Técnicas básicas de Mecánica y Electricidad (2009)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

c. Cárter.

Es la parte inferior que cierra al motor y es donde se encuentra el aceite del motor alojado en su estado de reposo. El cárter puede fabricarse con chapas de acero o de aleaciones ligeras de aluminio.

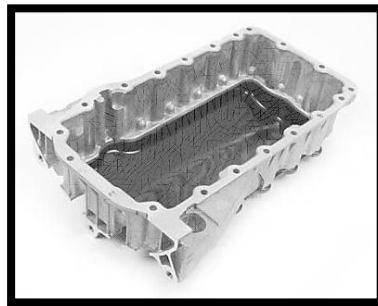


Figura 1.14. Cárter de motor.

Fuente: Picabea, Alfonso. Ortega, José. Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo (2010)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.4.3.2. Componentes móviles.

También llamado como tren alternativo y son los encargados de transformar la energía calorífica en mecánica, estos son:

a. Pistón.

Este elemento tiene como objetivo de comprimir la mezcla de aire-combustible y recibir la fuerza de los gases expandidos para transmitirlo

hacia la biela. Por lo general se encuentran fabricados de aleaciones de aluminio y magnesio.



Figura 1.15. Pistón.

Fuente: Picabea, Alfonso. Ortega, José. Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo (2010)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

b. Rines o segmentos.

Se encuentran ubicado en las ranuras de los pistones, por lo general vienen tres juegos en los pistones de motores que trabajan con gasolina. La función de dos de ellos es de hermetizar el cilindro para que los gases de la compresión no se fuguen por las paredes del cilindro y la función del último es raspar el aceite de las paredes del cilindro para que no se vaya hacia la parte superior (cámara de combustión).



Figura 1.16. Rines.

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

c. Brazo de biela.

Este componente se encuentra fijado al pistón y la función que tiene es de transmitir los esfuerzos generados por los gases en el pistón hacia los muñones de la biela del cigüeñal.

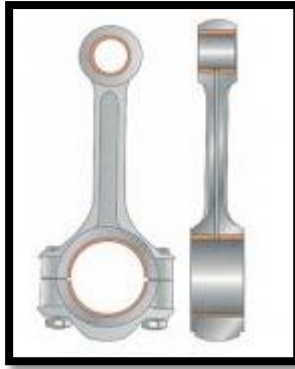


Figura 1.17. Brazo de biela.

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

d. Bulón.

Conocido también como pin o pasador tiene la función de fijar al pistón con el brazo de biela. Es una de las piezas que tiene que soportar más esfuerzos.

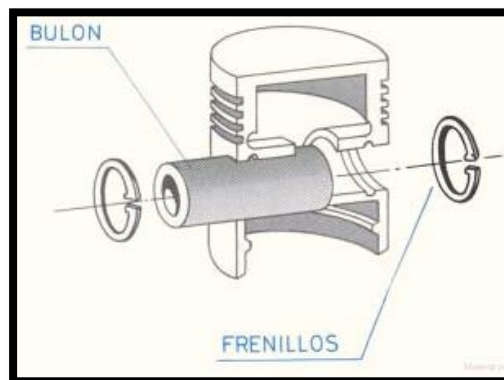


Figura 1.18. Bulón.

Fuente: Arnal, Pedro. Laguna, Antonio. Tractores y motores agrícolas (1996)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

e. Cigüeñal.

Es conectado al pistón por medio de la biela y es el encargado de transformar el movimiento lineal de los pistones en rotativo promoviendo un par útil.



Figura 1.19. Cigüeñal.

Fuente: Águeda Casado, Eduardo. Mecánica del vehículo (2014)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

f. Cojinetes.

Estos componentes se encuentran en contacto directo con piezas que tienen movimiento realizando un deslizamiento con fricción, buscando que esta sea la menor posible.



Figura 1.20. Cojinetes.

Fuente: Picabea, Alfonso. Ortega, José. Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo (2010)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.4.3.3. Sistema de distribución.

Es el conjunto de componentes que regulan la entrada y salida de los gases en el cilindro. Este sistema debe estar correctamente sincronizado con el cigüeñal.

Los componentes que forman parte del sistema de distribución son:

- Eje de levas.
- Válvulas.

- Guías de válvulas.
- Resortes.
- Balancines.
- Cadena o banda.
- Templadores, entre otros.

1.4.3.4. Sistema de alimentación de aire.

El sistema de alimentación de aire es el encargado de dirigir aire limpio hacia el interior de los cilindros para una buena combustión.

Los componentes que forman parte del sistema de alimentación de aire son:

- Depurador.
- Filtro de aire.
- Ductos de aire.
- Cuerpo de aceleración.
- Múltiple de admisión.

1.4.3.5. Sistema de alimentación de combustible.

Tiene como función enviar el combustible limpio a presión adecuada para el correcto funcionamiento del motor.

Los componentes que forman parte del sistema de alimentación combustible son:

- Tanque de combustible.
- Bomba de combustible.
- Filtro de combustible.
- Líneas de combustible.
- Regulador de presión.
- Inyectores, entre otros.

La alimentación de combustible hoy en día es controlada de manera electrónica, aquí intervienen los sensores, la unidad de control electrónico y los actuadores.

1.4.3.6. Sistema de lubricación.

Tiene como principal función el interponer una película de aceite entre las piezas del motor que se encuentran en movimiento con el objetivo de reducir la fricción.

Los componentes que forman parte del sistema de lubricación son:

- Bomba de aceite.
- Ductos.
- Aceite.
- Filtro.
- Depósito de aceite (Cárter).
- Sensor de presión del aceite, entre otros.

1.4.3.7. Sistema de refrigeración.

Es el encargado de evacuar el exceso de temperatura del motor y mantenerlo a una temperatura óptima de trabajo.

Los componentes que forman parte del sistema de refrigeración son:

- Bomba de agua.
- Mangueras.
- Radiador.
- Sensor de temperatura del motor.
- Termostato.
- Depósito de refrigerante.
- Ventilador.
- Refrigerante, entre otros.

1.4.3.8. Sistema eléctrico.

Se encarga de enviar electricidad a todo el vehículo y su principal componente es la batería. El sistema eléctrico cuenta con varios circuitos los cuales cumplen diferentes funciones.

Los circuitos que forman parte del sistema eléctrico son:

- Circuito de arranque.
- Circuito de carga.
- Circuito de encendido
- Circuito de iluminación.

a. Circuito de arranque.

La función del circuito de arranque es dar los primeros giros al motor para que encienda.

Los componentes que forman parte del circuito de arranque son:

- Batería.
- Switch.
- Motor de arranque.
- Cables.
- Solenoide, entre otros.

b. Circuito de carga.

Es el encargado de transformar la energía mecánica del motor en energía eléctrica con el objetivo de recargar las baterías y una vez el motor puesto en marcha es el que alimenta de electricidad a todos los consumidores.

Los componentes que forman parte del circuito de carga son:

- Batería.

- Alternador.
- Cables.
- Testigo luminoso, entre otros.

c. Circuito de encendido.

Es el encargado de transformar la baja tensión en alta tensión para generar la chispa en la bobina.

Los componentes que forman parte del circuito de encendido son:

- Batería.
- Switch.
- Bobinas de encendido.
- Cables de bujías.
- Bujías, entre otros.

d. Circuito de iluminación.

Son dispositivos lumínicos instalados en el vehículo que proporcionan iluminación al conductor. A demás alerta a los demás conductores la dirección, parada del vehículo, entre otras cosas.

1.5. Vehículo Toyota Prius.

Toyoda Automtatic Loom empresa dedicada a construir telares automáticos creo una nueva división en el año de 1933 que estaba dedicada a la fabricación de automóviles. Esta nueva división en 1937 fue establecida como una empresa independiente llamada Toyota Motor Corporation (TMC) y se encontraba bajo la dirección del hijo del fundador Sakichi Toyoda.

Toyota Motor Corporation en la actualidad es una empresa de gran renombre, ésta se ha distinguido por investigar y desarrollar automóviles que generen una combustión más limpia, ejemplo de ello es el Toyota Prius que se basa en la tecnología de Hybrid Synergy Drive (tecnología híbrida de Toyota).



Figura 1.21. Hybrid Synergy Drive.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

El Toyota Prius es un automóvil híbrido del segmento C que funciona con dos fuentes de energía (gasolina y electricidad), si bien es cierto el Prius no fue el primer vehículo híbrido creado pero sí el encargado de llevar esta tecnología a ser reconocida como viable para el uso automotriz.

Toyota Motor Corporation en el año de 1995 presentó una idea sobre el concepto híbrido en el salón de Tokio, pero fue 2 años después que trabajó en ella y se comercializó en serie el automóvil Toyota Prius.

1.5.1. Primera generación.

Esta generación apareció en Japón en el año de 1997 y tres años después llegó a la venta al resto del mundo. Este modelo fue llamado XW10 y era un automóvil sedán cuatro puertas de 4315 mm de largo, 1520 mm de ancho y 1340 mm de alto.

Posteriormente fue dividido en dos versiones, la primera llamada NHW10 que tenía un motor de combustión interna de 1,5 L que entregaba 58 HP de potencia y un motor eléctrico de 30 KWatts de potencia con una batería de 274 voltios. Su segunda versión mejoraría un poco con un motor de combustión interna de 1,5 L con una potencia de 70 HP y un motor eléctrico de 33 KWatts con una batería de igual voltaje a su versión anterior.

El Toyota Prius de primera generación generó pérdidas por cada auto vendido, pero la marca vio esto como una inversión a largo plazo que a futuro terminó dando grandes éxitos.

1.5.2. Segunda generación.

El Toyota Prius fue renovado en el 2003, su diseño se cambió tanto por dentro como por fuera, con esto se mejoró su coeficiente de resistencia aerodinámica a 0,26 gracias a su “trasera Kammback” (diseño posterior del techo). El vehículo era un hatchback cinco puertas con dimensiones de 4450 mm de largo, 1725 mm de ancho y 1490 mm de alto.

Esta segunda generación mejoró mucho con respecto a la anterior, una de ellas fue que el circuito de alimentación de alto voltaje aportaba más potencia con menos pérdidas eléctricas, además el motor de combustión interna se apagaba automáticamente cuando el vehículo se detenía debido al tráfico, esto generaba menor consumo de combustible.

El Prius de esta generación utilizaba un motor de combustión interna de 1,5 L que entregaba 76 HP de potencia y un motor eléctrico de 50 KWatts con una batería de 201,6 V compuesta de 28 módulos de 7,2 V conectados en serie.

Este vehículo cosechó grandes éxitos, obtuvo el premio del motor del año en el 2004 y así también como el de motor verde del año 2008, entre otros.

1.5.3. Tercera Generación.

En el North American International Auto Show del 2009 presentaron el Toyota Prius de tercera generación, este mantenía su característica de silueta “trasera Kammback” (diseño posterior del techo) y mejoró su coeficiente de resistencia aerodinámica a 0,25.



Figura 1.22. Tercera generación del Toyota Prius.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Esta tercera generación cambió en un gran porcentaje su motor de combustión interna, su cilindraje pasó de ser de 1,5 L a 1,8 L a pesar de esto su motor fue diseñado más ligero y compacto.

La potencia total se aumentó un 22% debido a que ahora el Prius viene equipado con un motor de combustión interna capaz de entregar 98 HP y un motor eléctrico de 50 KWatts de potencia. Este nuevo vehículo logra en tan solo 10,4 segundos llegar de 0 a 100 Km/h.

El Toyota Prius fue reconocido como el automóvil más recomendado por los consumidores. Obtuvo muchos premios igual que sus antecesores, los más destacados fueron el auto del año en el 2010, mejor eco-amigable en el 2009, entre otros.

1.6. Motor de combustión interna del Toyota Prius.

El vehículo híbrido Toyota Prius 2010 viene equipado con un motor de combustión interna de 1,8 L (2ZR-FXE), según el fabricante el rendimiento térmico es de 38,5%.

El motor 2ZR-FXE tiene 4 cilindros en línea, cuenta con una relación de compresión de 13:1 y su ciclo de trabajo es de tipo Atkinson. Además posee 16 válvulas, su sistema de distribución es de doble árbol de levas situado en la culata con sistema de distribución de válvulas variables inteligente (VVT-i).

La culata, fabricada en aluminio, contiene una cámara de combustión de tipo inclinado. La bujía se ha colocado en el centro de la cámara de combustión, para mejorar el rendimiento antidetonante del motor.

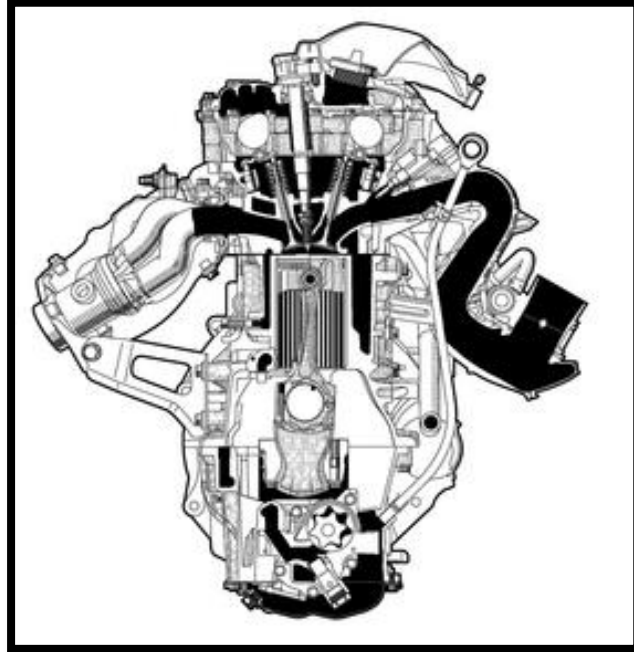


Figura 1.23. Motor de combustión interna (2ZR-FXE).

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

El bloque del motor es fabricado de aleaciones de aluminio al igual que la culata, los cilindros (*1) de 80,5 mm de diámetro y tienen un revestimiento de tipo roscado con una superficie de fundido exterior de forma irregular (*3) para mejorar la adhesión entre el revestimiento y el aluminio del bloque de cilindros. La mayor adhesión contribuye a la disipación del calor, lo que da lugar a una temperatura global más baja y una reducida deformación térmica de los orificios del cilindro. No se puede rectificar un bloque de cilindros con este tipo de forro (*2).

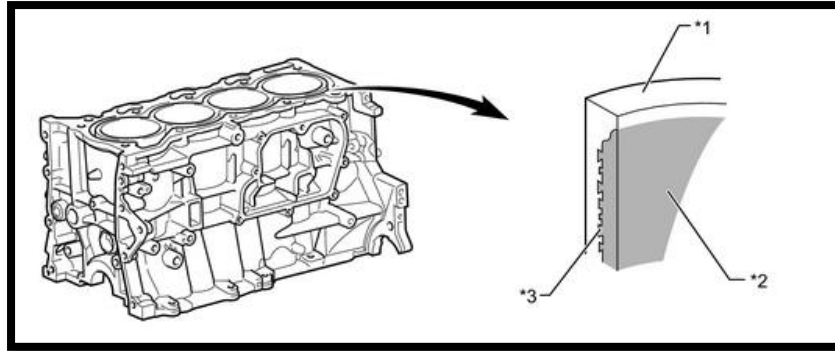


Figura 1.24. Bloque del motor 2ZR-FXE.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

El pistón fabricado de aleaciones de aluminio, su falda está recubierta de resina y está sujeto al brazo de biela con el bulón de tipo flotante, los rines son de baja tensión y los brazos biela son hechas de acero ultrarresistente para reducir el peso.

El cigüeñal dispone de 5 muñones principales y 8 contrapesos, los pasadores y muñones se han mecanizado con mayor precisión y se ha minimizado la rugosidad de su superficie para reducir la fricción.

La anchura de los cojinetes de cigüeñal se han optimizado para reducir la fricción y la superficie del revestimiento se ha marcado con micro-ranuras para conseguir una evacuación óptima del aceite. Como resultado se ha mejorado el rendimiento del arranque del motor en frío y se han reducido las vibraciones.

El múltiple de admisión es hecho de plástico con el objetivo de reducir la transferencia de calor en la culata. El cuerpo del acelerador es de tipo electrónico es decir no lleva cables para su apertura o cierre de la aleta-mariposa.

Para reducir el peso y lograr una buena resistencia a la corrosión, se han utilizado un colector de escape y un tubo de escape de acero inoxidable. Además en el sistema de escape se han utilizado 2 convertidores catalíticos.

El sistema de refrigeración utiliza 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 el peso.

La potencia máxima que entrega el motor de combustión interna es 98 HP a 5200 RPM y un torque máximo 142 N*m a 4000 RPM.

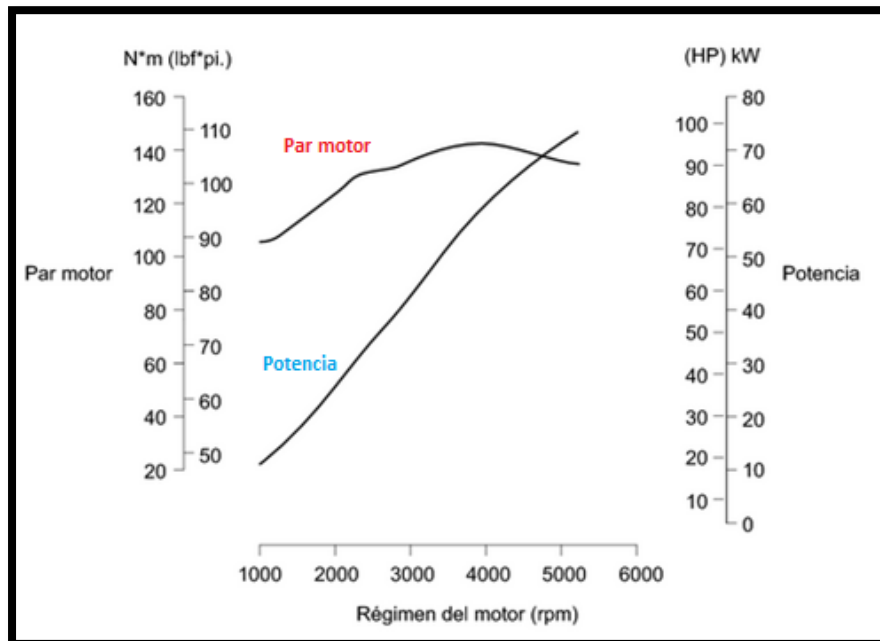


Figura 1.25. Curvas de rendimiento.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.7. Aplicaciones varias del motor de combustión interna.

Los motores de combustión interna no solo son usados en el campo automotriz, también su aplicación se da en maquinarias agrícolas, propulsión marina, generadores de energía, propulsión aérea, entre otros.

1.7.1. Motores de combustión interna aplicados en maquinarias agrícolas.

Debido a que cada vez las áreas de agricultura aumentaron ya no eran suficientes los animales para las diferentes labores que se realizaban, debido a esto nació la necesidad de una máquina que realice las acciones de labranza y accionamiento de equipos estacionarios.

Un tractor es una máquina que se mueve y acciona sus diferentes sistemas por medio de un motor. En sus inicios el tractor poseía un motor vapor pero luego este fue reemplazado por uno de combustión interna debido a que era más seguro.

En la actualidad los motores de combustión interna que utilizan los equipos de maquinaria agrícola funcionan con un ciclo diésel debido a los esfuerzos que están sometidas estas máquinas.

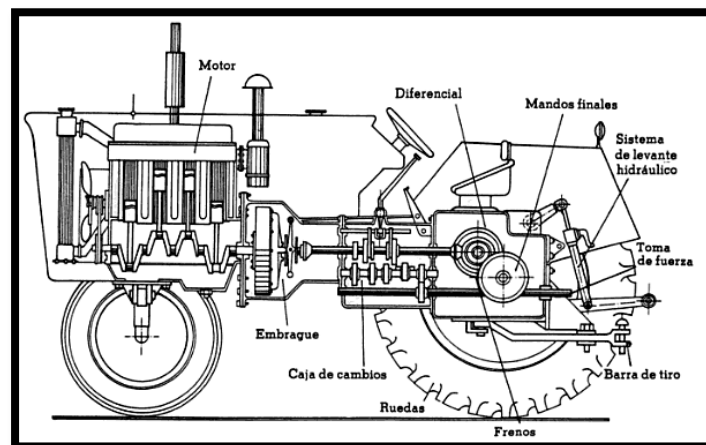


Figura 1.26. Tractor.

Fuente: Arnal, Pedro. Laguna, Antonio. Tractores y motores agrícolas (1996)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.7.2. Motores de combustión interna aplicados para la propulsión marina.

En sus inicios la propulsión de los botes, lanchas, barcos entre otros se daba por medio del hombre, estos eran quienes utilizando remos transportaban el vehículo de un lugar a otro.

Con el tiempo se descubrió que el viento podría ayudar al movimiento y se creó una vela en el siglo IX a.c., esta ayudaba a moverse con mayor rapidez al vehículo náutico, pero tenía un gran inconveniente ante la ausencia de viento. De aquí nació la necesidad de un autopropulsor.

Los motores de combustión interna de los barcos al igual que las maquinarias agrícolas también trabajan con un ciclo diésel pero en los barcos que son demasiado grandes se utilizan turbinas de gas.



Figura 1.27. Cigüeñal para motor de combustión interna de barco.

Fuente: Donat, Hans. Motores diésel para grandes embarcaciones (2006)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.7.3. Motores de combustión interna aplicados en generadores de energía.

Antes que se aplicaran en vehículos los motores de combustión interna trabajaban en la parte industrial y una de las aplicaciones que tenía era producir energía eléctrica.

Los generadores utilizan la energía mecánica que entrega el motor de combustión interna para producir energía eléctrica, esta era usada para proveer de electricidad a los hogares o fábricas.

En la actualidad se siguen usando los motores de combustión interna para esta aplicación pero se está buscando otras alternativas para conseguir energía limpia, es decir generar electricidad sin quemar petróleo.



Figura 1.28. Generador de electricidad.

Fuente: Enríquez, Gilberto. El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos (2005)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

1.7.4. Motores de combustión interna aplicados para la propulsión aérea.

Los hermanos Wright con la ayuda Charles Taylor lograron poder hacer volar una máquina por primera vez con un motor de combustión interna que producía una potencia de 12 CV a 1025 RPM.

A partir de esto se comenzaron a emplear motores de combustión interna con ciclo Otto para los aviones y con el pasar del tiempo se fueron aplicando diferentes tipos de motores, por ejemplo los de tipo radial, horizontales, entre otros.

En la actualidad los aviones comerciales utilizan motores de reacción que trabajan y están contruidos de maneras diferentes, en cuanto a los aviones que no superan ciertas dimensiones siguen usando motores de combustión interna.

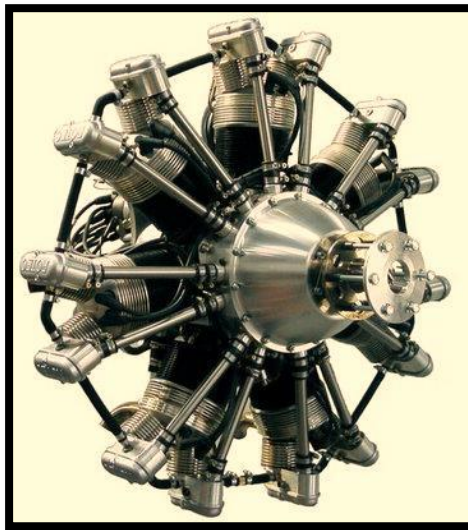


Figura 1.29. Motor radial.

Fuente: Felipe Gato Gutiérrez, Sistemas de Aeronaves de Turbina 0 (2012)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS 2010

En este capítulo se realizará un estudio del motor de combustión interna del vehículo híbrido Toyota Prius 2010, aquí se encontrará información puntual sobre parámetros que otorga el fabricante, los cuales se deben cumplir en la parte práctica. Se realizarán pruebas, mediciones y comprobaciones al motor como a sus diferentes componentes con el fin de conocer las condiciones en que se encuentran.

2.1. Motor de combustión interna.

El vehículo híbrido Toyota Prius 2010 cuenta con un motor de combustión interna modelo 2ZR-FXE de tipo 4 cilindros en línea a gasolina y ciclo Atkinson.

2.1.1. Características del motor.

El motor 2ZE-FXE es un motor de combustión interna de 1,8 L con dos árbol de levas ubicado en la culata y 16 válvulas. Tiene una relación de compresión de 13,0:1, entrega una potencia máxima de 98 HP a 5200 RPM y un torque máximo de 142 N*m a 4000 RPM.

Tabla 2.1. Especificaciones del motor de combustión interna.

Modelo	2ZR-FXE
Tipo	4 cilindros en línea
Calibre y carrera	80,5 x 88,3
Cilindrada	1,8 - (1797)
Relación de compresión	13,0 : 1
Alimentación	Inyección electrónica
Distribución	16 válvulas DOHC, sistema VVT-i
Potencia máxima (HP (KW) / RPM)	98 - 73 / 5200
Torque máximo (N*m (Kgf*m) / RPM)	142 - 14,5 / 4000

Fuente: Manual del propietario del vehículo híbrido Toyota Prius 2010

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.1.2. Sistema de lubricación.

Los tipos de aceites que utiliza el motor de combustión interna son multigrados y dependiendo del lugar la viscosidad variará.

Tabla 2.2. Grado estándar del aceite de motor (para EEUU y Canadá).

GRADO DEL ACEITE	VISCOSIDAD DEL ACEITE (SAE)
Aceite de motor multigrado ILSAC	0W-20
	5W-20
	(0W-20 es la mejor elección para ahorrar combustible y mejorar el arranque con temperaturas bajas.)

Fuente: Manual del propietario del vehículo híbrido Toyota Prius 2010
Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.3. Grado estándar del aceite de motor (para Latinoamérica).

GRADO DEL ACEITE	VISCOSIDAD DEL ACEITE (SAE)
Aceite de motor API de grado SL "Energy-Conserving", SM "Energy-Conserving", SN "Resource-Conserving" o multigrado ILSAC.	0W-20
	5W-20
	5W-30
	10W-30
Aceite de motor multigrado API grado SL, SM o SN	15W-40
	20W-50

Fuente: Manual del propietario del vehículo híbrido Toyota Prius 2010
Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.4. Capacidad estándar del aceite de motor.

ELEMENTO	ESTADO NORMAL
Vaciado y llenado con cambio de filtro de aceite	4,2 litros
Vaciado y llenado sin cambio de filtro de aceite	3,9 litros
Llenado en seco	4,7 litros

Fuente: Manual del propietario del vehículo híbrido Toyota Prius 2010
Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.1.3. Sistema de refrigeración.

Todos los vehículos Toyota, para evitar daños en el sistema de refrigeración del motor y otros problemas técnicos, se recomienda usar refrigerante TOYOTA SLLC o uno de calidad similar a base de etilenglicol que no contenga silicato, amina, nitrato ni borato y esté fabricado con ácido orgánico de larga duración. La capacidad que tiene el circuito de refrigeración del motor es:

Tabla 2.5. Capacidad estándar del refrigerante de motor.

ELEMENTO	CAPACIDAD
Refrigerante	Con sistema de recirculación de calor en el escape: 7,2 litros
	Sin sistema de recirculación de calor en el escape: 6,5 litros

Fuente: Manual del propietario del vehículo híbrido Toyota Prius 2010

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.1.4. Sistema eléctrico.

Los vehículos híbridos cuentan con una batería auxiliar de bajo voltaje generalmente ubicada en la parte del maletero. El vehículo híbrido Toyota Prius viene equipado con una batería auxiliar de 12 V y su amperaje máximo de carga es de 5 A.

Tabla 2.6. Especificaciones de batería auxiliar.

BATERÍA	VALOR ESPECÍFICO
12 Voltios	12,5 V o mas

Fuente: Manual del propietario del vehículo híbrido Toyota Prius 2010

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.2. Comprobaciones del motor de combustión interna.

Las diferentes comprobaciones que se realizaron en el motor de combustión interna nos ayudaron para obtener un diagnóstico de cómo se encuentra trabajando el motor, sus diferentes sistemas y sus componentes.

Para cada una de las pruebas que se realizaron se siguieron procedimientos puntuales especificados en el manual de reparación y tomando en cuenta todas las precauciones necesarias.

2.2.1. Prueba de estanqueidad.

La prueba de estanqueidad nos ayuda a observar si existe alguna fuga en el sistema de refrigeración del motor, en otras palabras controlamos que el circuito se encuentre hermético y no se escape el líquido refrigerante. Recordemos que sin líquido refrigerante el motor calentará y podrán ocurrir daños graves a este.

Para realizar esta prueba se siguieron los siguientes pasos:

(a) Revisar que en el depósito el refrigerante este entre el min y máx.

En caso de que falte, llenar el depósito con líquido refrigerante.

(b) Colocar el equipo de medición de presión de radiador en el depósito del refrigerante.

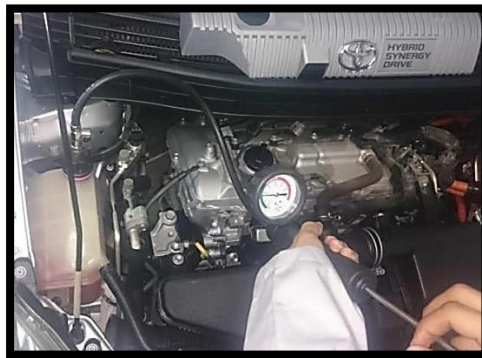


Figura 2.1. Prueba de estanqueidad.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(c) Activar el modo de inspección del motor.

(d) Calentar el motor.

(e) Hacer aumentar la presión interior del radiador con el equipo hasta $1,1 \text{ kgf/cm}^2$ (16 lb/pulg^2) y asegurarse que la presión no disminuya.

(f) Quitar el equipo de medición de presión de radiador del depósito de refrigerante.

(g) Colocar el tapón del depósito.

2.2.2. Medición de presión de aceite.

La medición de presión del aceite nos ayuda a saber cómo se encuentra trabajando la bomba de aceite del motor, una presión inadecuada puede producir desgaste prematuro en el motor, elevación de temperatura de trabajo, entre otros problemas.

Para llevar a cabo esta prueba se realizaron los siguientes pasos:

(a) Comprobar que el nivel de aceite este correcto.

En caso de que haga falta, completar con aceite de motor.

(b) Extraer el interruptor de presión del aceite del motor.

(1) Desconectar el conector del interruptor de presión del aceite.

(2) Para retirar el interruptor de presión del aceite se debe utilizar una llave de cubo de 24 mm.

(c) Instalar el manómetro de presión del aceite.



Figura 2.2. Medición de presión del aceite.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(d) Activar el modo de inspección del motor.

(e) Calentar el motor.

(f) Medir la presión del aceite.

(g) Instalar el interruptor de presión del aceite.

(1) Aplicar adhesivo a 2 o 3 roscas del interruptor de presión del aceite.

(2) Para instalar el interruptor de presión del aceite se debe utilizar una llave de cubo de 24 mm.

(3) Conectar el conector del interruptor de presión del aceite.

2.2.3. Inspección de la bomba de aceite.

Esta inspección se realiza para poder diagnosticar y determinar el estado de la bomba de aceite, un mal estado de este componente el sistema de lubricación se vería comprometido trayendo consecuencias graves para el motor.

Para determinar el estado de la bomba de aceite se deben realizar los siguientes procedimientos:

(a) Engrasar la válvula de descarga de la bomba de aceite con aceite de motor y, a continuación, comprobar si encaja sin dificultad en su alojamiento.

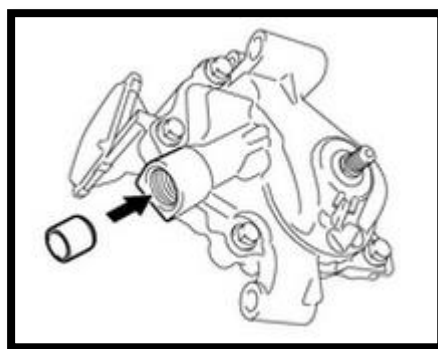


Figura 2.3. Comprobación de la válvula de descarga.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si no es así, sustituir el conjunto de la bomba de aceite.

(b) Medir con una galga de espesores la holgura entre las puntas de los rotores impulsor e impulsado.

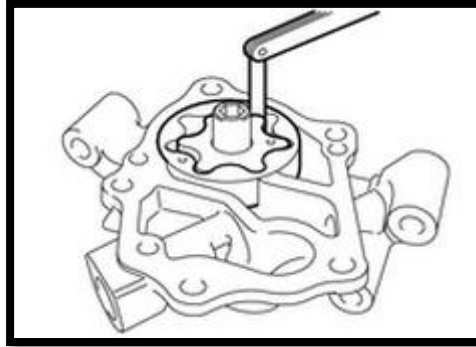


Figura 2.4. Medición de holgura entre puntas.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura entre las puntas excede el valor máximo, sustituir el conjunto de la bomba de aceite.

(c) Medir la holgura entre los 2 rotores y la regla de precisión con una galga de espesores y una regla de precisión.

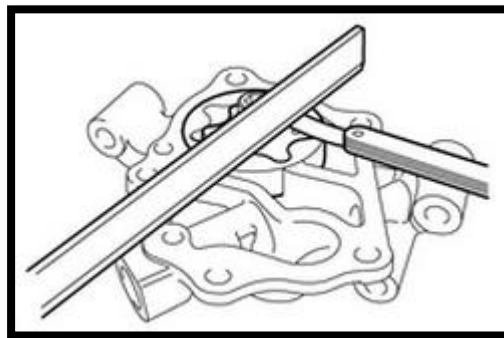


Figura 2.5. Medición de holgura lateral.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura lateral excede el valor máximo, sustituir el conjunto de la bomba de aceite.

(d) Medir la holgura entre el rotor impulsado y el cuerpo de la bomba de aceite con una galga de espesores.

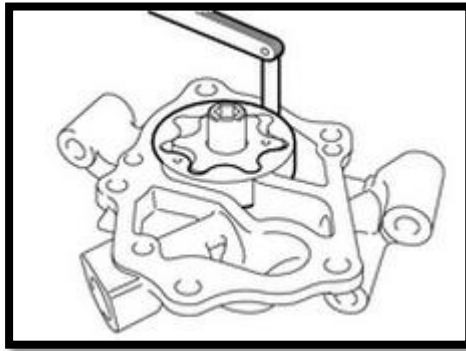


Figura 2.6. Medición de holgura del cuerpo.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura del cuerpo excede el valor máximo, sustituir el conjunto de la bomba de aceite.

2.2.4. Inspección de la batería auxiliar.

Es de suma importancia inspeccionar la batería auxiliar, de esta dependen todos los componentes que están diseñados a trabajar con 12 V. Los procedimientos que se realizaron fueron los siguientes:

(a) Asegurarse de que los terminales de la batería no estén flojos ni corroídos.

Si los terminales están oxidados, limpiarlos.

(b) Comprobar si la batería presenta indicios de deformación o daños.

Si hubiera daños, deformaciones o fugas de importancia, sustituir la batería.

(c) Medir la tensión de la batería.

(1) Desactivar el interruptor de encendido y encender los faros durante 20 a 30 segundos. De esta manera se eliminará la carga superficial de la batería.

(2) Medir la tensión de la batería.



Figura 2.7. Medición de tensión de batería auxiliar.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(d) Inspeccionar que la manguera de ventilación de la batería auxiliar no esté doblada o presente algún daño.



Figura 2.8. Inspección de la manguera de ventilación de batería auxiliar.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

También se midió la resistencia de cada fusible para el sistema de carga de la batería auxiliar.

2.2.5. Inspección del filtro del depurador de aire.

Uno de los elementos no menos importante es el filtro de aire, este debe revisarse cada que el manual del propietario lo indique. De este elemento depende la extensión de la vida útil del motor de combustión interna. Un filtro saturado puede ocasionar una mala combustión generando contaminación y exceso de consumo de combustible.

Los pasos que se realizaron fueron los siguientes:

(a) Extraer la tapa del depurador de aire.



Figura 2.9. Desmontaje de tapa del depurador.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(b) Extraer el filtro del depurador de aire.

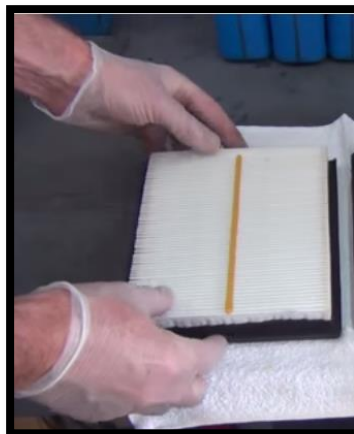


Figura 2.10. Filtro del depurador de aire.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(c) Observar que el filtro del depurador de aire no se encuentre demasiado dañado o grasiento.

Si fuera necesario, sustituir el filtro del depurador de aire.

(d) Instalar el filtro del depurador de aire.

(e) Instalar la tapa del depurador de aire.

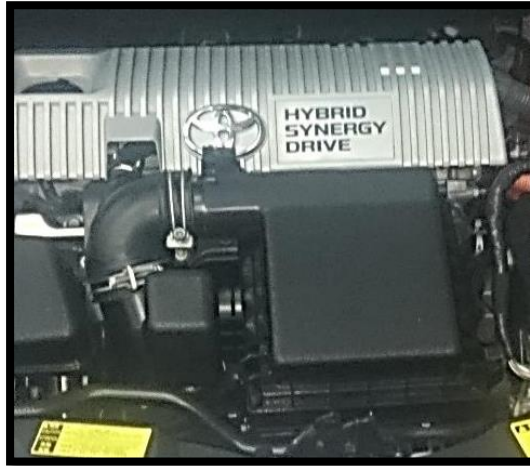


Figura 2.11. Montaje de la tapa del depurador de aire.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.2.6. Comprobación del régimen de ralentí del motor.

Comprobamos el régimen del ralentí del motor para poder conocer cómo se encuentra trabajando el motor a bajas revoluciones. Esta prueba activa directamente el control electrónico de la mariposa.

Los procedimientos que se realizaron fueron los siguientes:

(a) Calentar el motor y detenerlo.

(b) Conectar el Techstream al conector de enlace de datos (DLC3).



Figura 2.12. Conexión de Techstream al conector de enlace de datos.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(c) Activar el modo de inspección del motor.

(d) Encender el Techstream.

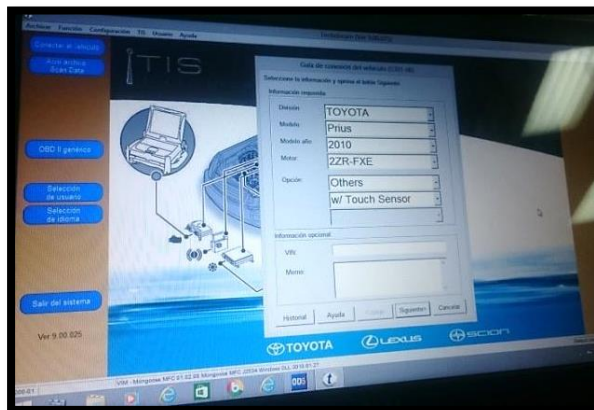


Figura 2.13. Uso del Techstream.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(e) Acceder a los siguientes menús: Powertrain / Engine and ETCS / Data List / Engine Speed (OK).

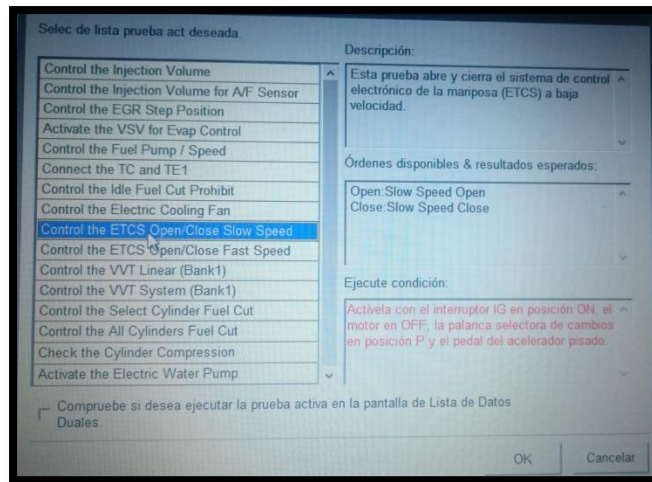


Figura 2.14. Control del sistema inteligente de control electrónico de la mariposa de gases (ETCS-i) en Techstream.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

- (f) Inspeccionar el régimen de ralentí del motor.
- (g) Colocar el interruptor de encendido en la posición OFF.
- (h) Apagar el Techstream.
- (i) Desconectar el Techstream del conector de enlace de datos.

2.2.7. Inspección de la válvula y el ruido del dispositivo de ajuste.

Se debe realizar esta prueba para saber si existe aire en el dispositivo de ajuste de holgura de la válvula o detectar si se encuentra averiado.

Los procedimientos que se realizaron fueron los siguientes:

- (a) Activar el modo de inspección del motor.
- (b) Acelerar el motor varias veces. Asegurarse que el motor no emite ruidos raros. Si escucha algún ruido raro, calentar el motor y dejarlo en ralentí durante más de 30 minutos. Después, realizar la inspección anterior. Si durante la inspección anterior se detecta algún defecto o problema, realice una inspección del dispositivo de ajuste de holgura.

(1) Colocar el dispositivo de ajuste de holgura en un recipiente lleno de aceite de motor nuevo.

(2) Introducir la punta de la SST 09276-75010 en el émbolo del dispositivo de ajuste de la holgura y utilizar para presionar la bola de retención del émbolo.

(3) Apretar la SST 09276-75010 y el dispositivo de ajuste de holgura para subir y bajar el émbolo de 5 a 6 veces.

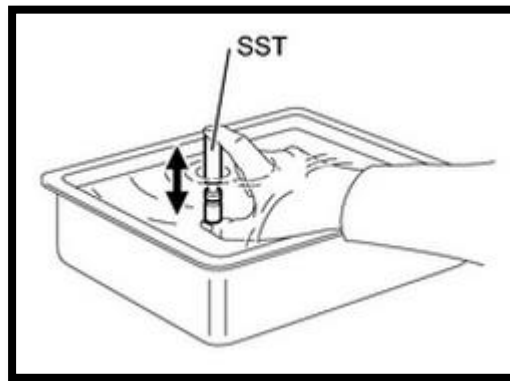


Figura 2.15. Comprobación del dispositivo de ajuste de holgura de la válvula.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(4) Comprobar el movimiento del émbolo y purgar el aire.

OK:

El émbolo sube y baja.

(5) Tras purgar el aire, extraer la SST 09276-75010. Después, tratar de presionar el émbolo con un dedo rápidamente y con firmeza.

OK:

Se puede presionar 3 veces el émbolo.

Si tras presionar el émbolo 3 veces aún puede ser comprimido, sustituya el dispositivo de ajuste de la holgura de la válvula por uno nuevo.

2.2.8. Medición de compresión.

La medición de compresión es una prueba de diagnóstico para saber cómo se encuentra el motor de combustión interna en cuanto al desgaste. Con esto se puede saber si un motor hay que repararlo y siguiendo ciertas técnicas se puede saber con mayor certeza que hay que reparar.

Para realizar esta prueba se siguieron los siguientes pasos:

- (a) Activar el modo de inspección del motor.
- (b) Calentar el motor y deténgalo.
- (c) Extraer las 4 bujías.
- (d) Comprobar la presión de compresión de los cilindros.

(1) Introducir un manómetro de compresión en el orificio de la bujía.



Figura 2.16. Instalación del manómetro de compresión.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(2) Conectar el Techstream al conector de enlace de datos (DLC3).

(3) Encender el interruptor de encendido (IG).

(4) Encender el Techstream.

(5) Acceder a los siguientes menús: Powertrain / Hybrid Control / Active Test / Compression Test / ON.

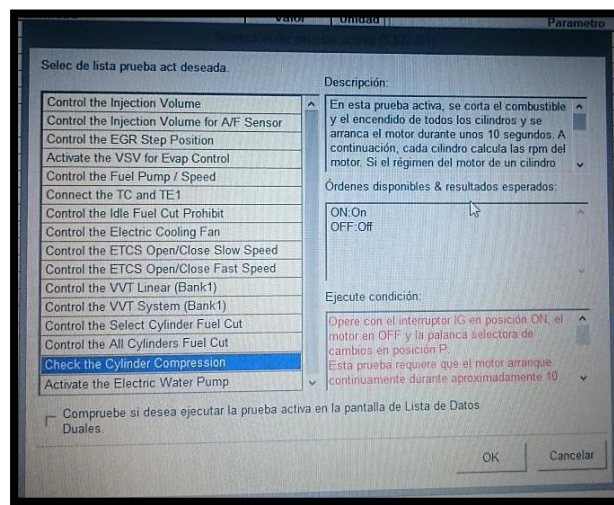


Figura 2.17. Activación de medición de compresión en Techstream.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(6) Pisar a fondo el pedal del acelerador.

(7) Mantener pisado el pedal del freno y activar el interruptor de encendido (READY).

Realizar los pasos (6) y (7) para medir la compresión en los demás cilindros.

(8) Apagar el Techstream.

(9) Desconectar la Techstream del conector de enlace de datos.

(e) Instalar las 4 bujías.

2.2.9. Medición del CO/HC.

Esta prueba nos ayuda de determinar si los gases de escape que salen cumplen con las normativas. Realizando esta prueba según las lecturas que se obtengan podemos encontrar posibles fallas en diferentes partes del motor.

- (a) Activar el modo de inspección del motor.
- (b) Calentar el motor.
- (c) Mantener el motor a 2500 RPM durante aproximadamente 180 s.
- (d) Introducir la sonda de prueba del medidor de CO/HC por lo menos 40 cm en el tubo de escape durante el ralentí.



Figura 2.18. Análisis de CO/HC.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

- (e) Revisar la concentración de CO/HC en el analizador durante el ralentí y a 2500 RPM.

2.2.10. Mediciones y comprobaciones en el bloque del motor.

Se debe comprobar que la cara del bloque donde asienta la culata no se encuentre deformada o picada y medir los cilindros para ver cómo se encuentran, con esto se podrá determinar si el bloque aún puede seguir siendo usado o hay que cambiarlo.

Lo que primero se debe realizar es medir con una regla de precisión y una galga de espesores la deformación de la superficie de contacto de la junta de la culata.

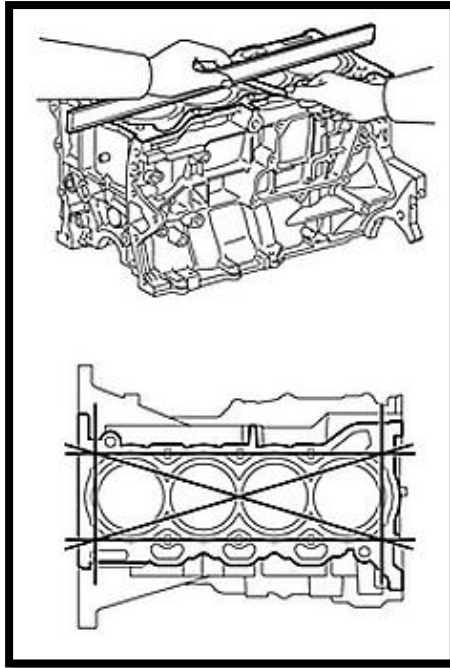


Figura 2.19. Comprobación de deformación de bloque.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Luego se debe medir con un alexómetro en las posiciones A (10 mm desde el borde superior) y B (50 mm desde el borde superior) en las direcciones axial (*a) y de empuje (*b).

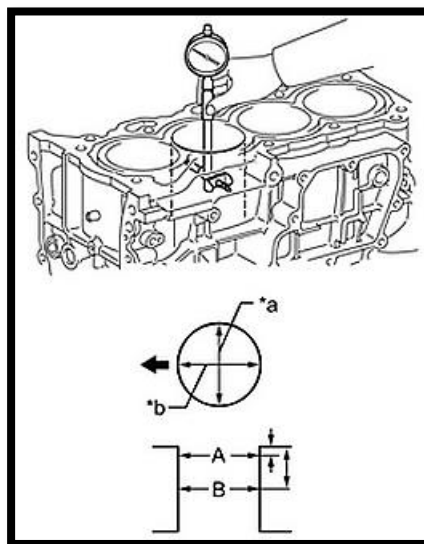


Figura 2.20. Medición de cilindros.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.2.11. Mediciones en el conjunto pistón-biela.

Las diferentes mediciones que se le realizan al conjunto pistón-biela nos ayudan a determinar el estado de cada uno de sus componentes para saber si pueden seguir funcionando en el motor o tienen que ser reemplazados.

Se debe medir con un micrómetro el diámetro del pistón en una posición de 8.0 mm (0.315 pulg.) desde la parte inferior del pistón.

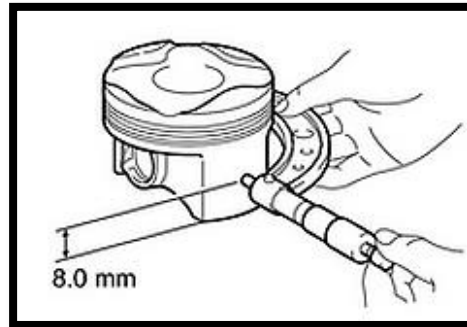


Figura 2.21. Medición del diámetro del pistón.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Con la medida del diámetro del pistón obtenida y con la medida del diámetro interior del cilindro se puede sacar la holgura de aceite del pistón, solo hay que restar estos valores.

Otra medición que se realiza al pistón es la de la holgura de la ranura de los rines, con una galga de espesores hay que medir entre el rin y la pared de la ranura del pistón.

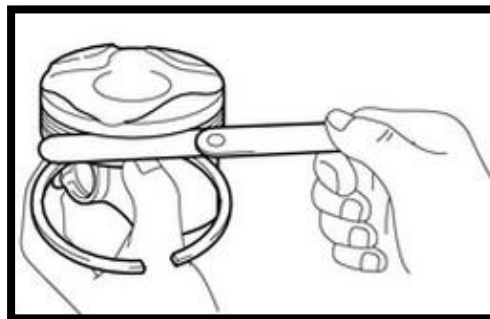


Figura 2.22. Medición de holgura de la ranura de los rines.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

No olvidar medir el juego axial de los rines, para esto se utiliza un pistón, se empuja al rin desde la parte superior del cilindro 50 mm para abajo y con una galga de espesores se mide el juego axial.

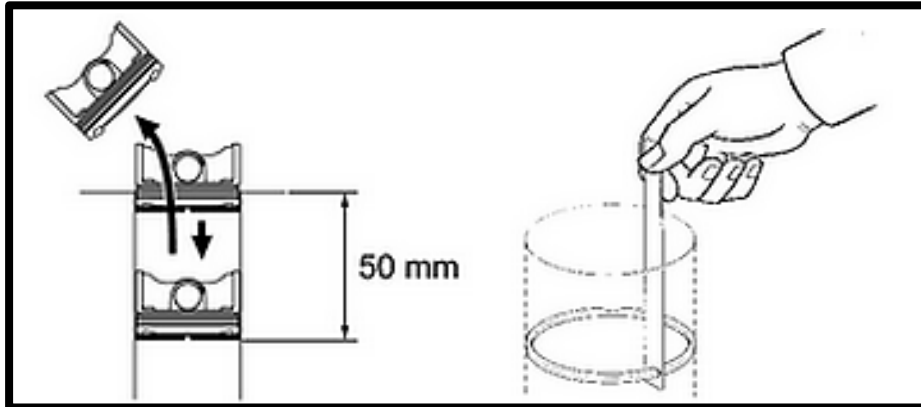


Figura 2.23. Medición de juego axial de los rines.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

También se debe inspeccionar las holguras de aceite del bulón del pistón, para esto se toman varias medidas. Primero se mide el diámetro interior donde se aloja el bulón del pistón con un calibrador.

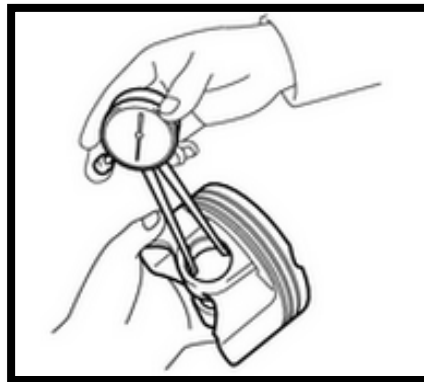


Figura 2.24. Medición de diámetro interior de alojamiento de bulón.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Después se mide el diámetro del bulón del pistón con un micrómetro. Las medidas se toman en "a" (25 mm desde el borde lateral) y en "b" (5 mm desde el borde lateral).

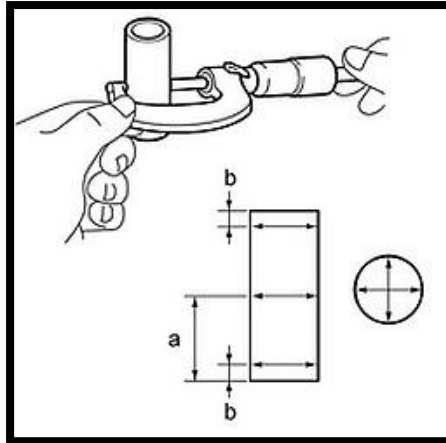


Figura 2.25. Medición del bulón.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Y por último se mide el diámetro interior del extremo pequeño de la biela con un calibrador.

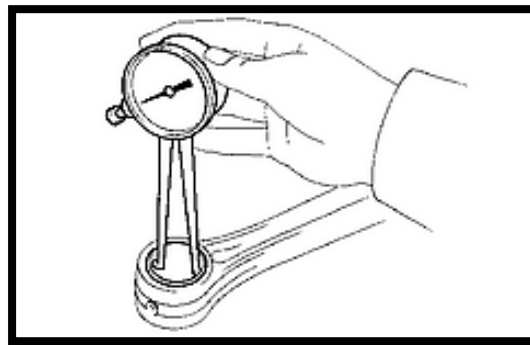


Figura 2.26. Medición del extremo pequeño de la biela.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Con estas medidas tomadas lo que se hace después es restar el valor del diámetro del alojamiento del bulón con el valor del diámetro del bulón y encontramos la primera holgura de aceite (alojamiento de bulón-bulón).

Para encontrar la otra holgura (pie de brazo de biela-bulón), se resta el valor del diámetro interior del extremo pequeño de la biela con el valor del diámetro del bulón.

2.2.12. Mediciones en el cigüeñal.

La medición del cigüeñal se debe realizar para saber si este elemento ha sufrido desgaste excesivo o alguna deformación, una vez obtenido los resultados se determina sus condiciones.

La primera revisión del cigüeñal que se realiza es comprobar que no se encuentre descentralizado, para esto se utilizan bloques en V donde se asienta el cigüeñal y con un medidor de cuadrante se comprueba que el cigüeñal al hacerlo girar se encuentre centrado.

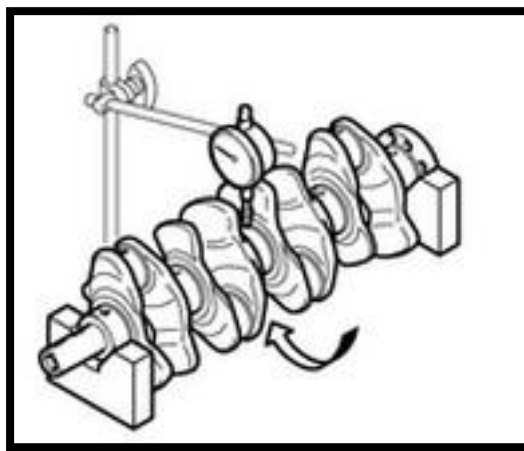


Figura 2.27. Medición de descentralizado de cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

La segunda revisión que se realiza al cigüeñal es la inspección de los muñones de bancada, para esto se mide el diámetro del muñón con el micrómetro.

Se debe comprobar la conicidad y la distorsión de cada uno de los muñones de bancada.

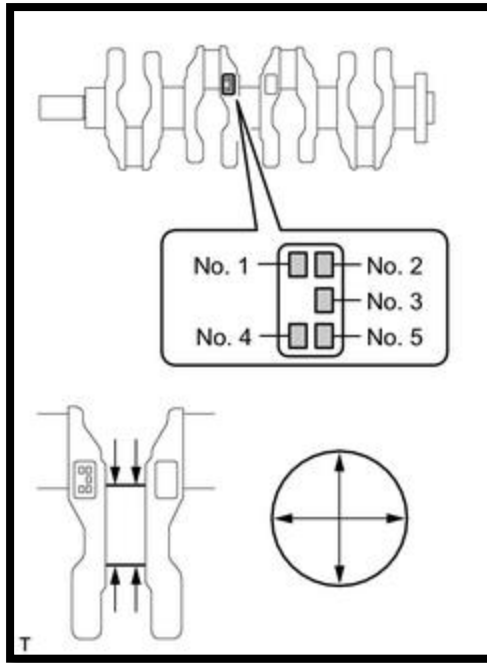


Figura 2.28. Medición de muñones de bancada en el cigüeñal.
Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)
 Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Luego de revisar los muñones de bancada, se revisan los muñones de biela y de la misma manera se inspecciona el diámetro de cada muñón de biela.

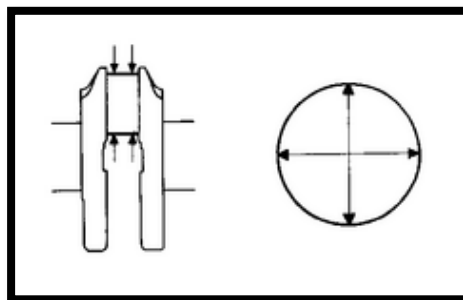


Figura 2.29. Medición de muñones de biela en el cigüeñal.
Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)
 Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Otra revisión es, inspeccionar la holgura de aceite para el cigüeñal realizando el siguiente procedimiento:

- (a) Colocar los cojinetes del cigüeñal.
- (b) Colocar las arandelas de empuje del cigüeñal superiores.
- (c) Limpiar todos los muñones y cojinetes de bancada.
- (d) Situar el cigüeñal sobre el bloque de cilindros.
- (e) Colocar una tira de plastigage (*1) en cada muñón.

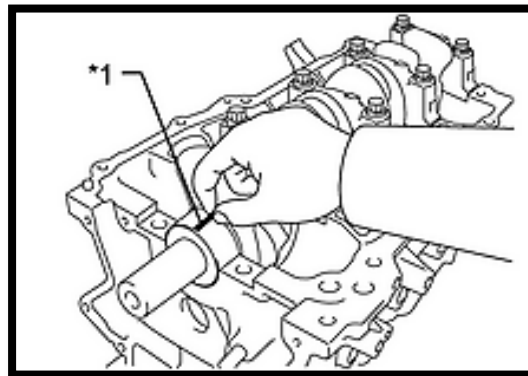


Figura 2.30. Ubicación del plastigage.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

- (f) Examinar las marcas y números delanteros (*a) y colocar los sombreretes en el bloque de cilindros.

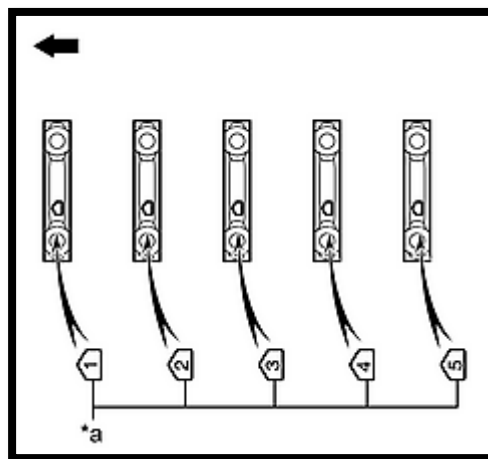


Figura 2.31. Posición de los sombreretes del cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(g) Colocar la tapa del cojinete del cigüeñal.

(1) Poner temporalmente los 10 pernos del sombrerete del cigüeñal.

(2) Golpear suavemente el sombrerete con un martillo de cabeza de plástico hasta ajustarlo correctamente.

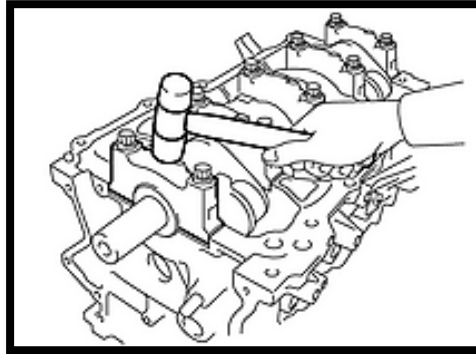


Figura 2.32. Montaje de cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(3) Apretar ($40\text{ N}\cdot\text{m}$ - $408\text{ kgf}\cdot\text{cm}$) uniformemente los 10 pernos de sombrerete del cigüeñal en secuencia.

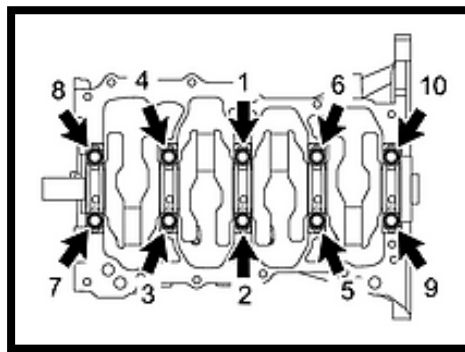


Figura 2.33. Orden de apriete de pernos del cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(4) Marcar con pintura la parte delantera (*a) de los pernos de los sombreretes.

(5) *Apriete 90° los pernos de los sombreretes en el orden indicado.*

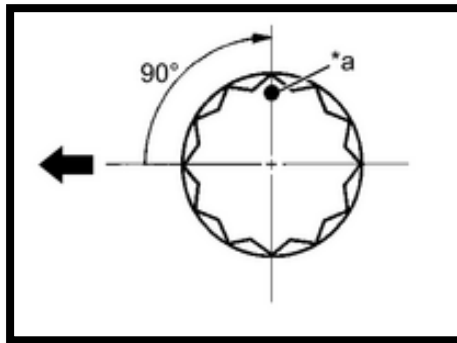


Figura 2.34. Marcación del perno del cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(h) Extraer los sombreretes del cigüeñal.

(1) *Aflojar de manera uniforme los 10 pernos del sombrero de del cigüeñal y extraerlos en secuencia.*

(2) *Utilizar los 2 pernos del sombrero de del cigüeñal para extraer los 5 sombreretes del cigüeñal.*

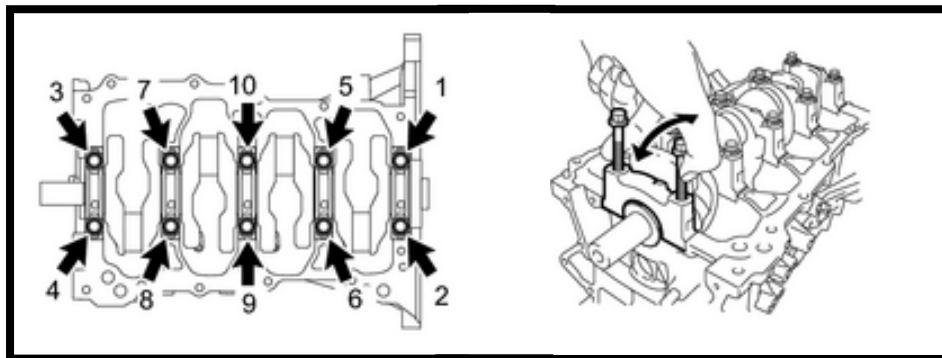


Figura 2.35. Desmontaje de los sombreretes del cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(i) Medir la tira de plastigage (*1) por su parte más ancha.

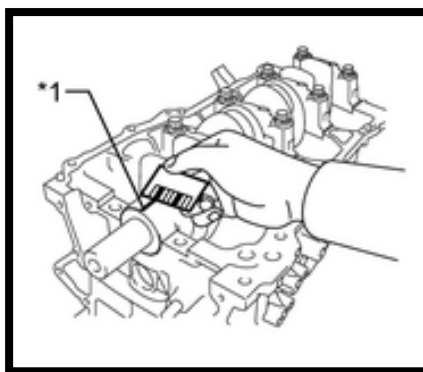


Figura 2.36. Medición del plastigage.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Por último se revisa el juego de empuje del cigüeñal, esto se realiza cuando el cigüeñal se encuentra montado en el bloque.

Con un destornillador se hace palanca sobre el cigüeñal y se utiliza un medidor de cuadrante para comprobar que los valores se encuentren dentro de lo permitido.

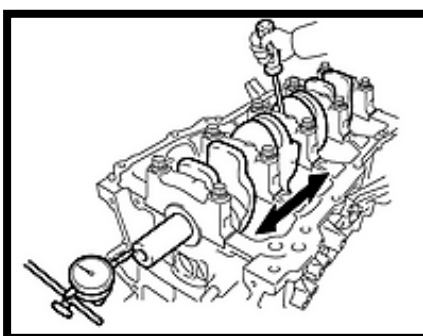


Figura 2.37. Inspección del juego de empuje del cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.2.13. Mediciones en la culata.

Una de las revisiones que se realiza en la culata es de medir la deformación de las superficies de contacto donde la culata entra en contacto con el bloque de cilindros (*a) y los múltiplos (*b y *c) con una regla de precisión y una galga de espesores.

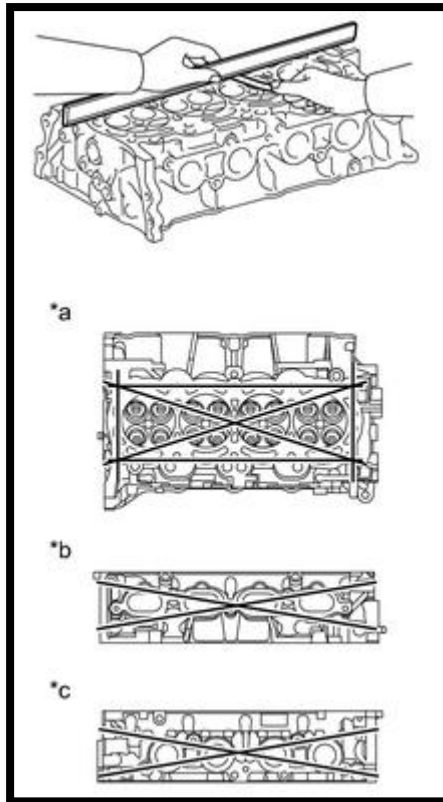


Figura 2.38. Medición de deformación de culata.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

También se comprueba con un tinte penetrante si los conductos de admisión, los conductos de escape y la superficie del cilindro presentan grietas.

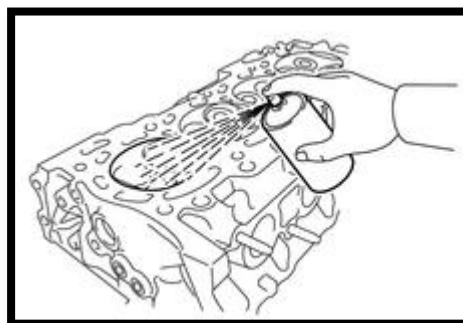


Figura 2.39. Comprobación de grietas en la culata.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.2.14. Mediciones en las válvulas.

Las mediciones que se realizan en las válvulas y en sus demás componentes nos sirven para saber el desgaste de ellos, poder determinar si pueden trabajar sin inconvenientes o si hay que cambiarlos.

Se debe medir la longitud total y el grosor del margen de la cabeza (*a) de las válvulas con un calibre de nonio, además a esto se mide el diámetro del vástago con un micrómetro.

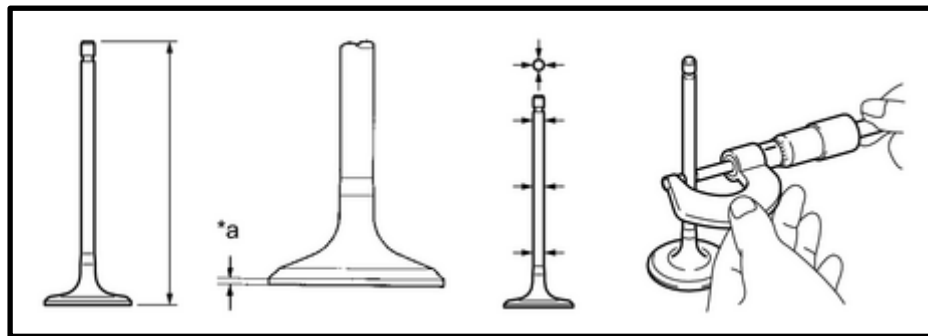


Figura 2.40. Mediciones en la válvula.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Es importante inspeccionar el muelle de compresión. Este puede ser de dos tipos:

El Tipo A y el Tipo B se pueden distinguir por la forma del muelle de compresión.

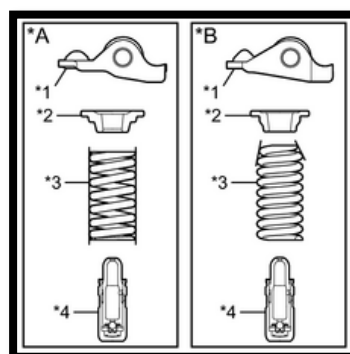


Figura 2.41. Tipos de resortes.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Indiferentemente del tipo se debe medir la longitud libre del muelle de compresión con un calibre de nonio.

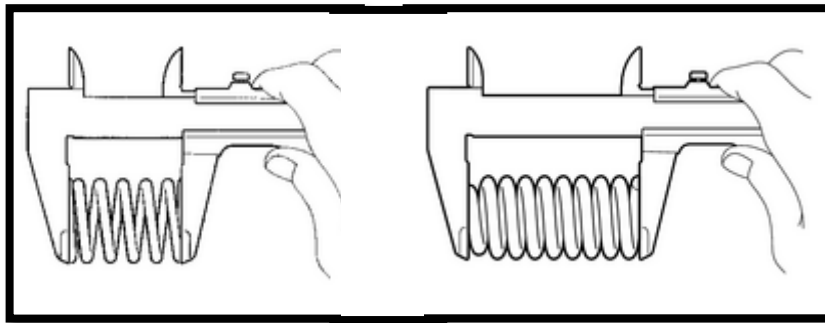


Figura 2.42. Medición de longitud en el resorte.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Así mismo, indiferentemente del tipo se mide la desviación (*a) del muelle de compresión con una escuadra de acero.

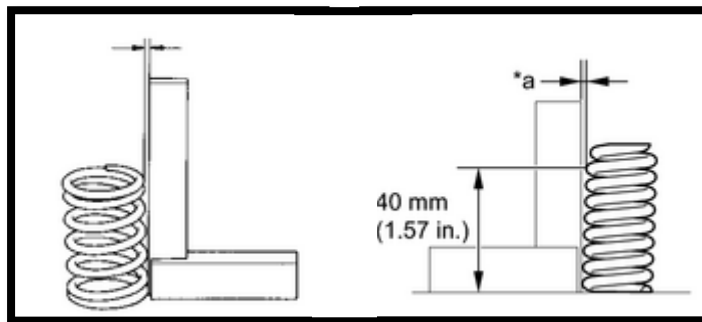


Figura 2.43. Medición de la desviación en el resorte.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Una última revisión que se debe hacer es inspeccionar la holgura de aceite del casquillo de la guía de válvula, para esto primero se debe medir el diámetro interior del casquillo de guía con un calibrador.

Luego de que se obtiene el valor del diámetro interior del casquillo de guía lo que se debe hacer es restar con el valor del diámetro del vástago de la válvula y se obtiene la holgura de aceite.

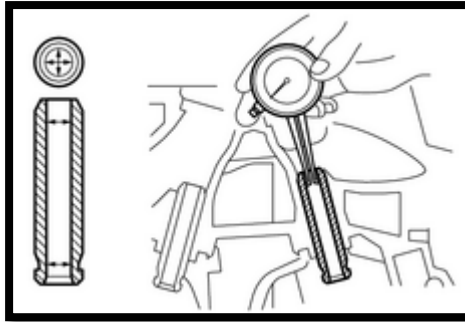


Figura 2.44. Medición del diámetro del casquillo de guía.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.2.15. Inspección en los árboles de levas.

Se debe realizar dos inspecciones a los árboles de levas, la primera es comprobar la holgura de aceite y la segunda comprobar el juego de empuje. Para esto se debe seguir los siguientes pasos:

- (a) Colocar los árboles de levas en sus alojamientos.
- (b) Colocar una tira de plastigage a través de cada muñón del árbol de levas.

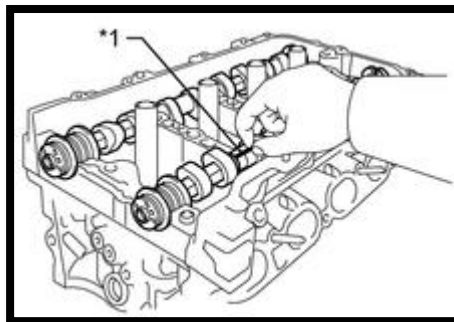


Figura 2.45. Ubicación de plastigage en árbol de levas.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

- (c) Instalar los sombreretes de los árboles de levas.

(1) *Comprobar las marcas y los números de los sombreretes del árbol de levas y colocar en la posición y orientación correctas.*

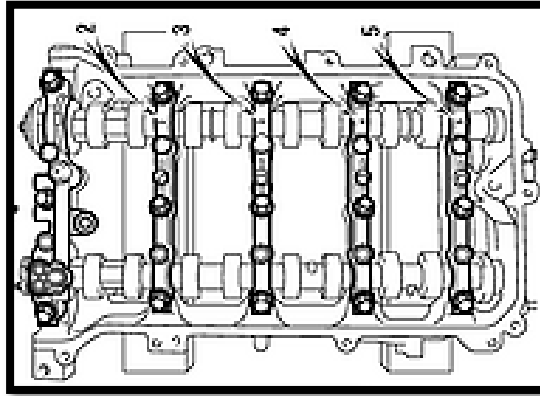


Figura 2.46. Orden de posición de sombreretes de los árboles de levas.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(2) *Apretar (16 N*m - 163 kgf*cm) los 10 pernos en el orden indicado.*

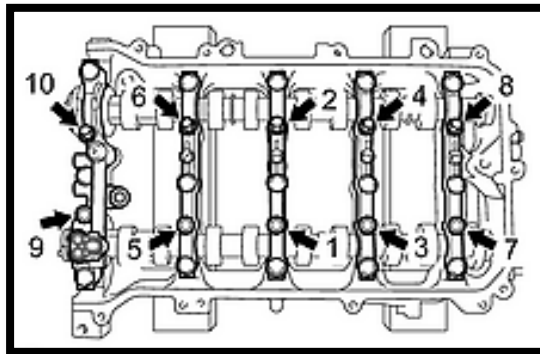


Figura 2.47. Orden de apriete de los pernos de los árboles de levas.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(d) Extraer los sombreretes de los árboles de levas.

(1) *Aflojar de manera uniforme los 10 pernos del sombrerete y extraerlos siguiendo la secuencia.*

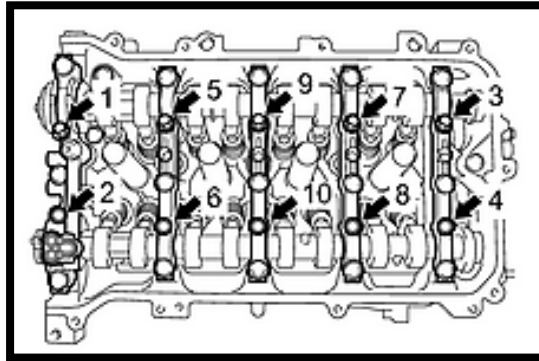


Figura 2.48. Orden para aflojar los 10 pernos de los árboles de levas.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(2) Aflojar de manera uniforme los 15 pernos del sombrerete y extraerlos siguiendo la secuencia.

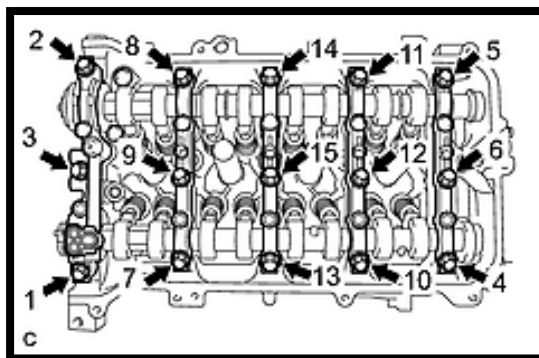


Figura 2.49. Orden para aflojar los 15 pernos de los árboles de levas.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

(e) Medir la tira de plastigage por su parte más ancha.

La otra inspección se realiza una vez que los ejes de levas hayan sido montados en la culata y se mide con un indicador de cuadrante el juego de empuje mientras se desplaza el árbol de levas hacia atrás y hacia adelante.

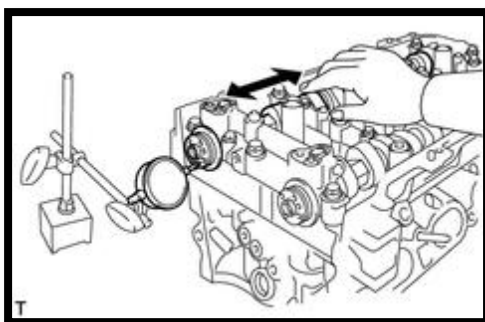


Figura 2.50. Inspección de juego de empuje en el árbol de levas.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.2.16. Inspección de pernos.

Se debe realizar la inspección de dos pernos en lo que corresponde a partes del motor, esto nos sirve para determinar si los pernos pueden seguirse usando o ya han sido deformados y hay que cambiarlos.

Con un calibre de nonio se debe medir la longitud del perno (*a) de fijación del sombrerete del cigüeñal, desde el asiento hasta el extremo y el diámetro de la parte sometida a tensión de los pernos.

La medición del diámetro se hace sobre el área de medición (*b) que es 55.0 mm desde el asiento hasta el hilo (*c).

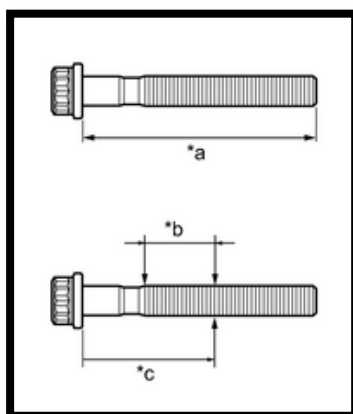


Figura 2.51. Medición en perno de cigüeñal.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

En el perno de la biela solo se mide el diámetro de la parte sometida a tensión del perno (*a) con un calibre de nonio.

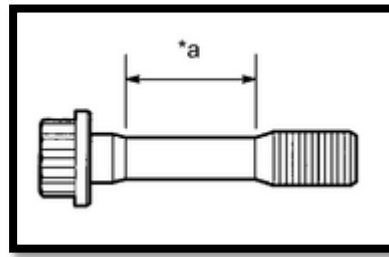


Figura 2.52. Medición en perno de biela.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.3. Parámetros del fabricante.

Los parámetros que nos da el fabricante nos ayuda para saber los valores estándares de las diferentes pruebas, mediciones o comprobaciones que se realizan ya sea al motor o a sus diferentes componentes. También nos proporciona los valores que son permitidos, fuera de estos valores hay que hacer lo que nos dice el fabricante reparar o cambiar componentes.

2.3.1. Parámetro de prueba de estanqueidad.

La presión a la que se hace llegar el circuito de refrigeración del motor es **1,1 kgf/cm² (16 lb/pulg²)**, si esta presión comienza a descender es porque se está fugando el refrigerante.

En caso de que la presión descienda se debe inspeccionar las mangueras, el radiador, el conjunto delantero del tubo de escape y la manguera de la calefacción, así como el conjunto de la bomba de agua del motor. Si no se encuentran fugas exteriores, inspeccionar el núcleo del calentador, el bloque de cilindros y la culata.

2.3.2. Parámetros de presión de aceite.

Los valores que se deben obtener en la medición de presión con el manómetro de presión de aceite no deben ser menores a lo que nos muestra la siguiente tabla:

Tabla 2.7. Parámetros de presión de aceite.

ESTADO DEL MOTOR	PRESIÓN DEL ACEITE
Ralentí	60 kPa (0,6 kgf/cm ² – 8,7 lb/pulg ²) o más
2500 R.P.M.	142 kPa (1,4 kgf/cm ² - 21 lb/pulg ²) o más

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

En caso de que las mediciones no entren dentro de los parámetros se debe inspeccionar la bomba de aceite del motor.

2.3.3. Parámetros de holguras en bomba de aceite.

En la medición de la bomba se deben tener en cuenta que los valores de holgura entre las puntas, lateral y la estándar del cuerpo no sobrepasen la medida máxima.

Tabla 2.8. Parámetros de holgura en bomba de aceite.

Holgura estándar entre las puntas	Holgura máxima entre las puntas
0,08 a 0,16 mm (0,00315 a 0,00631 pulg.)	0,35 mm (0,0138 pulg.)
Holgura lateral estándar	Holgura máxima lateral
0,085 a 0,135 mm (0,00335 a 0,00532 pulg.)	0,16 mm (0,00631 pulg.)
Holgura estándar del cuerpo	Holgura máxima del cuerpo
0,12 a 0,19 mm (0,00472 a 0,00750 pulg.)	0,325 mm (0,0128 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

En caso de que sobrepase la medida de holgura máxima se debe reemplazar el conjunto de la bomba.

2.3.4. Parámetros de tensión de la batería auxiliar.

Dependiendo de los valores de tensión que tenga una batería auxiliar sabremos su estado de carga.

Tabla 2.9. Parámetros de tensión en batería auxiliar.

CONEXIÓN DEL TESTER	ESTADO	VALOR ESPECIFICADO	ESTADO DE CARGA
Terminal positivo (+) Terminal negativo (-)	20°C (68°F)	12,6 V o más.	Totalmente cargada
		12,5 a 12,2 V	Media carga
		12, 2 V o menos.	Descargada

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la tensión no es la especificada, cargue la batería.

2.3.5. Parámetros del régimen de ralentí del motor.

El Rango que debe trabajar el motor en régimen de ralentí estándar es de 950 a 1050 RPM, caso contrario el cuerpo electrónico de mariposa puede estar presentando fallas.

2.3.6. Parámetros de la compresión del motor.

Los parámetros que nos da el fabricante sobre la medición de compresión son los siguientes:

- Presión de compresión estándar:
8,3 kgf/cm² (118 lb/pulg²) o más.
- Presión mínima:
6,3 kgf/cm² (89,5 lb/pulg²).
- Diferencia de presión entre cada cilindro:
1,0 kgf/cm² (14,5 lb/pulg²) o menos.

Si la compresión del cilindro es baja, vierta una pequeña cantidad de aceite de motor en el cilindro a través del orificio de la bujía e inspecciónelo de nuevo. Si al añadir aceite aumenta la compresión, los segmentos de pistón y/o el diámetro interior del cilindro podría estar desgastado o dañado, de no ser así, es posible que una válvula esté bloqueada, mal ajustada o que haya fugas en la junta.

2.3.7. Parámetros de medición del CO/HC.

Si la concentración de CO/HC no cumple con la normativa, llevar a cabo la detección y reparación de averías en el orden indicado.

Tabla 2.10. Causas posible según el CO/HC.

CO	HC	PROBLEMA	CAUSA POSIBLE
Normal	Alto	Ralentí duro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fallo de encendido: <ul style="list-style-type: none"> ○ Avance incorrecto ○ Bujías agarrotadas, en cortocircuito, o distancia incorrecta entre los electrodos 2. Holgura de válvulas incorrecta 3. Fugas en las válvulas de admisión y escape 4. Fugas en los cilindros 5. EGR averiada
Baja	Alto	Ralentí duro (Lectura de HC fluctuante)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fugas de vacío: <ul style="list-style-type: none"> ○ Mangueras de PCV ○ Colector de admisión ○ Cuerpo de la mariposa ○ Línea de servofreno 2. Fallos de encendido por mezcla pobre 3. EGR averiada
Alto	Alto	Ralentí duro (humo negro por el tubo de escape)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elemento del filtro del depurador de aire bloqueado 2. Válvula de PCV acoplada 3. Sistemas de EFI defectuosos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Regulador de presión defectuoso ○ Sensor de temperatura del refrigerante del motor defectuoso ○ Medidor del caudal de masa de aire defectuoso ○ ECM averiada ○ Inyectores defectuosos ○ Cuerpo de la mariposa 4. EGR averiada

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.3.8. Parámetros de mediciones y comprobaciones en el bloque de motor.

Los valores estándares y máximos en cuanto a las mediciones que se realizan en el bloque deben de ser las siguientes:

Tabla 2.11. Deformación máxima del bloque.

Deformación máxima
0,05 mm (0,00197 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la deformación es superior al máximo, cambie el bloque de cilindros.

Tabla 2.12. Valores de los diámetros del cilindro.

Diámetro estándar
80,500 a 80,513 mm (3,169 a 3,170 pulg.)
Diámetro máximo
80,63 mm (3,174 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la media del diámetro de 4 posiciones es superior al máximo, sustituir el bloque del cilindro.

2.3.9. Parámetros de mediciones en el conjunto pistón-biela.

Según los valores dados por el fabricante en este conjunto se podrá determinar el uso de los diferentes componentes. Los valores de mediciones estándar y máximo son los siguientes:

Tabla 2.13. Diámetro del pistón.

Diámetro del pistón estándar
80,461 a 80,471 mm (3,1677 a 3.1681 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro no es el especificado, sustituir el pistón con el pasador.

Tabla 2.14. Valores de holgura del aceite para el pistón.

Holgura estándar para el aceite
0,009 a 0,042 mm (0,000354 a 0,00165 pulg.)
Holgura máxima para el aceite
0,08 mm (0,00315 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura para aceite es superior al máximo, cambiar todos los pistones. Si es necesario, cambiar el bloque de cilindros.

Tabla 2.15. Valores de holgura de la ranura de los rines.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Anillo de compresión nº 1	0,02 a 0,07 mm (0,000787 a 0,00276 pulg.)
Anillo de compresión nº 2	0,02 a 0,055 mm (0,000787 a 0,00217 pulg.)
Anillo de lubricación	0,02 a 0,06 mm (0,000787 a 0,00236 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura de la ranura no es la especificada, sustituir el pasador del pistón.

Tabla 2.16. Valores estándares de huelgo axial de los segmentos del pistón.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Anillo de compresión nº 1	0,20 a 0,30 mm (0,00787 a 0,0118 pulg.)
Anillo de compresión nº 2	0,30 a 0,45 mm (0,0118 a 0,0177 pulg.)
Anillo de lubricación	0,10 a 0,35 mm (0,00394 a 0,0138 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.17. Valores máximos de huelgo axial de los segmentos del pistón.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Anillo de compresión nº 1	0,50 mm (0,0197 pulg.)
Anillo de compresión nº 2	0,70 mm (0,0276 pulg.)
Anillo de lubricación	0,70 mm (0,0276 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el huelgo axial es superior al valor máximo, cambie el segmento de pistón. Si el huelgo axial es superior al valor máximo, incluso con un segmento de pistón nuevo, cambiar el bloque de cilindros.

Tabla 2.18. Diámetro interior de alojamiento de bulón.

Diámetro interior estándar del bulón del pistón
20,006 a 20,015 mm (0,78764 a 0,78799 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.19. Valores del diámetro interior de alojamiento de bulón según el elemento.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Marca A	20,006 a 20,009 mm (0,78764 a 0,78775 pulg.)
Marca B	20,010 a 20,012 mm (0,78779 a 0,78787 pulg.)
Marca C	20,013 a 20,015 mm (0,78791 a 0,78799 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro no es el especificado, sustituir el pistón con el pasador.

Tabla 2.20. Diámetro del bulón.

Diámetro estándar del bulón del pistón
20,004 a 20,013 mm (0,78756 a 0,78791 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.21. Valores del diámetro del bulón según el elemento.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Marca A	20,004 a 20,007 mm (0,78756 a 0,78768 pulg.)
Marca B	20,008 a 20,010 mm (0,78771 a 0,78779 pulg.)
Marca C	20,011 a 20,013 mm (0,78783 a 0,78791 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro no es el especificado, sustituir el pistón con el bulón.

Tabla 2.22. Diámetro del extremo pequeño de la biela.

Diámetro interior del extremo pequeño de la biela estándar
20,012 a 20,021 mm (0,78787 a 0,78823 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.23. Valores del diámetro del extremo pequeño de la biela según el elemento.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Marca A	20,012 a 20,015 mm (0,78787 a 0,78799 pulg.)
Marca B	20,016 a 20,018 mm (0,78803 a 0,78811 pulg.)
Marca C	20,019 a 20,021 mm (0,78815 a 0,78823 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro no es el especificado, reemplazar la biela.

Tabla 2.24. Holgura de aceite (alojamiento de bulón-bulón).

Holgura estándar para el aceite
-0,001 a 0,005 mm (-0,0000394 a 0,000197 pulg.)
Holgura máxima para el aceite
0,010 mm (0,000394 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura para el aceite es superior al máximo, sustituir la biela. Si es necesario, sustituir el pistón y el pistón con el pasador como un conjunto.

Tabla 2.25. Holgura (pie de brazo de biela-bulón).

Holgura estándar para el aceite
0,005 a 0,011 mm (0,000197 a 0,000433 pulg.)
Holgura máxima para el aceite
0,014 mm (0,000551 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura para el aceite es superior al máximo, sustituir el casquillo del pie de biela. Si es necesario, sustituya el pistón con el pasador como un solo conjunto.

2.3.10. Parámetros de mediciones en el cigüeñal.

Los valores estándares y máximos que el fabricante nos da para las diferentes mediciones en el cigüeñal son las siguientes:

Tabla 2.26. Descentramiento del cigüeñal.

Descentramiento máximo
0,03 mm (0,00118 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el descentramiento es superior al máximo, cambie el cigüeñal.

Tabla 2.27. Diámetro del muñón de bancada.

Diámetro estándar
47,988 a 48,000 mm (1,8893 a 1,8898 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)
Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.28. Valores del diámetro del muñón de bancada según la marca.

MARCA	VALOR ESPECIFICADO
0	47,999 a 48,000 mm (1,88972 a 1,88976 pulg.)
1	47,997 a 47,998 mm (1,88964 a 1,88968 pulg.)
2	47,995 a 47,996 mm (1,88956 a 1,88960 pulg.)
3	47,993 a 47,994 mm (1,88948 a 1,88952 pulg.)
4	47,991 a 47,992 mm (1,88941 a 1,88945 pulg.)
5	47,988 a 47,990 mm (1,88929 a 1,88937 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)
Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro medido no es el especificado, inspeccionar la holgura para aceite del cigüeñal.

En cuanto a la conicidad y deformación en los muñones de bancada lo máximo permitido es:

“0,004 mm (0,000157 pulg.)”

Si la conicidad y la distorsión son superiores al máximo, cambiar el cigüeñal.

Tabla 2.29. Diámetro del muñón de biela en el cigüeñal.

Diámetro estándar
43,992 a 44,000 mm (1,7320 a 1,7323 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)
Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro medido no es el especificado, inspeccionar la holgura para aceite de la biela.

Los valores máximos de conicidad y deformación en los muñones de biela son los mismos que en los muñones de bancada. No olvidar si la conicidad y la distorsión son superiores al máximo, cambie el cigüeñal.

Tabla 2.30. Valores de holgura para aceite del cigüeñal.

Holgura estándar para el aceite
0,016 a 0,039 mm (0,000630 a 0,00154 pulg.)
Holgura máxima para el aceite
0,050 mm (0,00197 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura para el aceite es superior al máximo, cambiar el cojinete del cigüeñal. Si es necesario, cambiar el cigüeñal.

Tabla 2.31. Valores del juego de empuje del cigüeñal.

Juego de empuje estándar
0,160 a 0,342 mm (0,00630 a 0,0135 pulg.)
Juego de empuje máximo
0,342 mm (0,0132 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el juego de empuje es superior al máximo, cambiar los conjuntos de biela según sea necesario. Si es necesario, cambiar el cigüeñal.

2.3.11. Parámetros de mediciones en la culata.

Los valores estándares y máximos que el fabricante nos da para las diferentes mediciones en la culata son las siguientes:

Tabla 2.32. Valores de deformación máximo.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Lado del bloque de cilindros	0,05 mm (0,00197 pulg.)
Lado del colector de admisión	0,10 mm (0,00394 pulg.)
Lado del colector de escape	0,10 mm (0,00394 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

2.3.12. Parámetros de mediciones en las válvulas.

Los valores estándares y mínimos que el fabricante nos da para las mediciones en las válvulas son las siguientes:

Tabla 2.33. Valores de longitud total de las válvulas.

VÁLVULA DE ADMISIÓN	VÁLVULA DE ESCAPE
Longitud total estándar	Longitud total estándar
109,34 mm (4,30 pulg.)	108,25 mm (4,26 pulg.)
Longitud total mínima	Longitud total mínima
108,84 mm (4,29 pulg.)	107,75 mm (4,24 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la longitud total es inferior al mínimo, cambiar la válvula.

Tabla 2.34. Valores del diámetro del vástago de las válvulas.

VÁLVULA DE ADMISIÓN	VÁLVULA DE ESCAPE
Diámetro del vástago de la válvula	Diámetro del vástago de la válvula
5,470 a 5,485 mm (0,215 a 0,216 pulg.)	5,465 a 5,480 mm (0,215 a 0,216 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro del vástago de la válvula no es el especificado, compruebe la holgura para aceite.

Tabla 2.35. Valores de grosor de las válvulas.

Grosor de rango estándar
1,0 mm (0,0394 pulg.)
Grosor de margen mínimo
0,5 mm (0,0197 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el grosor es inferior al mínimo, cambiar la válvula.

Tabla 2.36. Valores de la longitud libre de los muelles de compresión.

Tipo A	Tipo B
Longitud libre estándar:	Longitud libre estándar:
53,36 mm (2,10 pulg.)	51,88 mm (2,042 pulg.) o 51,90 mm (2,043 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la longitud libre no es la especificada, reemplazar el muelle de compresión.

Tabla 2.37. Valores de desviación de los muelles de compresión.

Tipo A	Tipo B
Desviación máxima	Desviación máxima
	1,4 mm (0,0551 pulg.)
1.0 mm (0,0394 pulg.)	Ángulo máximo
	2°

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la desviación es superior al máximo, cambiar el muelle de compresión.

Tabla 2.38. Diámetro interior de la guía de la válvula.

Diámetro interior estándar del casquillo
5,510 a 5,530 mm (0,217 a 0,218 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.39. Valores estándares de la holgura para aceite de la guía de las válvulas.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Admisión	0,025 a 0,060 mm (0,000984 a 0,00236 pulg.)
Escape	0,030 a 0,065 mm (0,00118 a 0,00256 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.40. Valores máximos de la holgura para aceite de la guía de las válvulas.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Admisión	0,080 mm (0,00315 pulg.)
Escape	0,085 mm (0,00335 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura es superior a la máxima, cambiar la válvula y el casquillo de guía.

2.3.13. Valores de medición en el árbol de levas.

Los valores estándares y máximos que el fabricante nos da para las mediciones en el eje de levas son las siguientes:

Tabla 2.41. Valores del juego de empuje del árbol de levas.

Juego de empuje estándar
0,06 a 0,155 mm (0,00236 a 0,00610 pulg.)
Juego de empuje máximo
0,17 mm (0,00669 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el juego de empuje es superior al máximo, cambiar el alojamiento del árbol de levas. Si la superficie de empuje está dañada, cambiar el árbol de levas.

Tabla 2.42. Valores estándares de holgura para aceite del árbol de levas.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Muñón del árbol de levas n° 1	0,030 a 0,063 mm (0,00118 a 0,00248 pulg.)
Otros muñones del árbol de levas	0,035 a 0,072 mm (0,00138 a 0,00283 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Tabla 2.43. Valores máximos de holgura para aceite del árbol de levas.

ELEMENTO	VALOR ESPECIFICADO
Muñón del árbol de levas n° 1	0,085 mm (0,00335 pulg.)
Otros muñones del árbol de levas	0,09 mm (0,00354 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la holgura para aceite medida es superior al máximo, cambie el árbol de levas. Si es necesario, reemplace el alojamiento del árbol de levas.

2.3.14. Inspección de pernos.

Los valores que nos da el fabricante para los pernos que se mandan a inspeccionar son los siguientes:

Tabla 2.44. Valores de la longitud de los pernos de los sombreretes del cigüeñal.

Longitud del perno estándar
84,3 a 85,7 mm (3,32 a 3,37 pulg.)
Longitud máxima del perno
86,7 mm (3,41 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si la longitud es mayor que el valor máximo, sustituir el perno de fijación del sombrerete del cigüeñal.

Tabla 2.45. Valores del diámetro de los pernos de los sombreretes del cigüeñal.

Diámetro estándar
9,77 a 9,96 mm (0,385 a 0,392 pulg.)
Diámetro mínimo
9,1 mm (0,358 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro es inferior al valor mínimo especificado, sustituir el perno de fijación del sombrerete del cigüeñal.

Tabla 2.46. Valores del diámetro de los pernos de las bielas.

Diámetro estándar:
6,6 a 6,7 mm (0,260 a 0,264 pulg.)
Diámetro mínimo:
6,4 mm (0,252 pulg.)

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Si el diámetro es inferior al mínimo, reemplazar el perno de la biela.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS 2010

En este capítulo se realiza un análisis del motor de combustión interna del vehículo híbrido Toyota Prius 2010, es decir se comparan los datos que se obtuvieron en las diferentes pruebas y comprobaciones con los valores que da el fabricante para así determinar el estado de funcionamiento del motor y sus diferentes sistemas.

3.1. Elementos técnicos de prueba.

Es importante dar a conocer las herramientas, equipos de diagnósticos y materiales que se deben utilizar para las diferentes pruebas y mediciones que se realizaron.

3.1.1. Herramientas.

Las diferentes herramientas a utilizar las vamos clasificar en:

- Herramientas principales.
- Herramientas de medición.
- Herramientas especiales.
- Herramientas varias.

3.1.1.1. Herramientas principales.

Las herramientas principales son las consideradas fundamentales para poder realizar las diferentes pruebas en el vehículo, sin estas no se podría llevar a cabo el estudio del motor.

a. Vehículo híbrido Toyota Prius 2010 UIDE GYE.

El vehículo híbrido Toyota Prius 2010 que pertenece a la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil es la herramienta principal

que se necesitó para llevar a cabo las pruebas en el motor de combustión interna.



Figura 3.1. Vehículo híbrido Toyota Prius 2010 UIDE GYE.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

b. Cable del interface.

Es el nexa que se conecta desde la computadora al DLC del vehículo, para poder comunicarse obteniendo datos en tiempo real, realizando pruebas activas, entre otras cosas.



Figura 3.2. Cable del interface.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

c. Computadora.

La computadora es de tipo portátil, contiene el software de la marca del vehículo (Techstream) para poder realizar pruebas activas, obtención de códigos de diagnósticos (DTC), entre otras cosas.



Figura 3.3. Computadora.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

d. Techstream.

Es el software que se encuentra instalado en la computadora, este nos sirve para poder realizar lectura de parámetros, realizar pruebas activas, borrar códigos de errores, entre otras cosas.

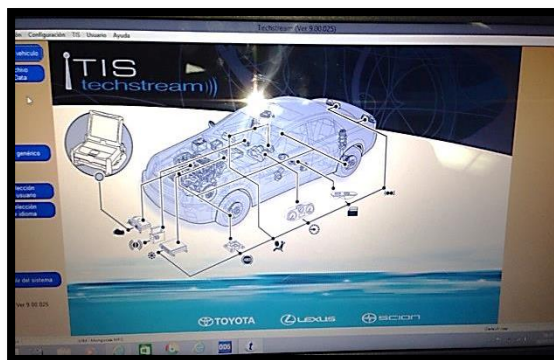


Figura 3.4. Techstream.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

3.1.1.2. Herramientas de medición.

Son las herramientas que se utilizan para medir, comprobar o verificar ya sean diámetros, longitudes, juegos, entre otras cosas.

a. Alexómetro.

Es una herramienta de comparación y nos ayuda a poder determinar el desgaste en los cilindros.



Figura 3.5. Alexómetro.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

b. Micrómetro.

Es una herramienta de medición, esta nos ayuda a medir diferentes diámetros, por ejemplo los muñones de bielas, muñones de bancadas, entre otros.



Figura 3.6. Micrómetro.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

c. Galga de espesores.

Es una herramienta de verificación y nos ayuda a poder determinar si las holguras que existen entre componentes es la correcta.



Figura 3.7. Galga de espesores.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

d. Calibrador.

Es una herramienta de medición y nos ayuda a poder obtener diámetros interiores de corta dimensión, por ejemplo el diámetro donde se aloja el bulón.

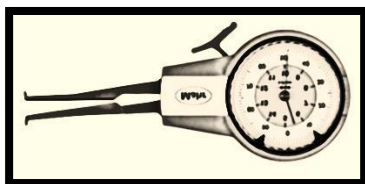


Figura 3.8. Calibrador de interior.

Fuente: IC Editorial, Técnicas de mecanizado y metrología (2013)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

e. Medidor de cuadrante.

Es una herramienta de verificación, esta nos ayuda a poder determinar desviaciones o juegos de empujes.



Figura 3.9. Medidor de cuadrante.

Fuente: IC Editorial, Técnicas de mecanizado y metrología (2013)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

f. Calibre de nonio.

Es una herramienta que nos permite medir dimensiones hasta en fracciones de milímetros (1/10 de milímetro).

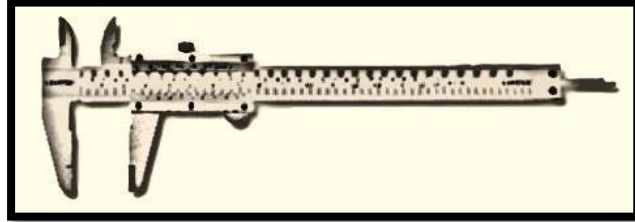


Figura 3.10. Calibre de nonio.

Fuente: IC Editorial, Técnicas de mecanizado y metrología (2013)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

3.1.1.3. Herramientas de especiales.

Denominadas SST, son las herramientas especiales que son fabricadas por la marca y se utilizan solo en sus vehículos.

a. SST 09276-75010.

Es la herramienta empujadora de válvula y nos sirve para comprobar que el dispositivo de ajuste de la holgura de la válvula este en buen estado.

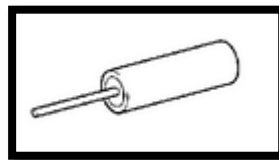


Figura 3.11. Herramienta empujadora de válvula.

Fuente: Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U)

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

3.1.1.4. Herramientas varias.

Se utilizan para desmontar o montar algún componente en el vehículo. Las herramientas varias son:

- Juego de dados.
- Carraca.
- Palancas.

- Juego de llaves.
- Martillos.
- Destornilladores.
- Llave dinamométrica.
- Extensiones, entre otros.

3.1.2. Equipos de diagnósticos.

Son equipos que se utilizan para poder realizar pruebas al motor y a sus diferentes sistemas que lo componen con el fin de conocer el estado de trabajo.

a. Compresímetro.

Es un equipo de diagnóstico de motor y su función es medir la presión de los gases que se genera en la compresión para poder determinar el estado del motor.



Figura 3.12. Compresímetro.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

b. Medidor de presión de aceite.

Con este equipo se mide la presión con la que está trabajando el sistema de lubricación del motor, con esto determinamos el estado de la bomba.



Figura 3.13. Medidor de presión de aceite.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

c. Medidor de presión del radiador.

La función que realiza es elevar la presión en el circuito de refrigeración para poder detectar fugas de líquido refrigerante.



Figura 3.14. Medidor de presión del radiador.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

d. Analizador de gases de escape.

Su función es analizar los gases que salen por el tubo de escape para ver los valores de contaminación y poder determinar posibles fallas.



Figura 3.15. Analizador de gases de escape.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

e. Multímetro.

Es un equipo que sirve para realizar diferentes funciones, como por ejemplo medir la tensión de la batería, medir resistencias de fusibles, entre otras cosas.

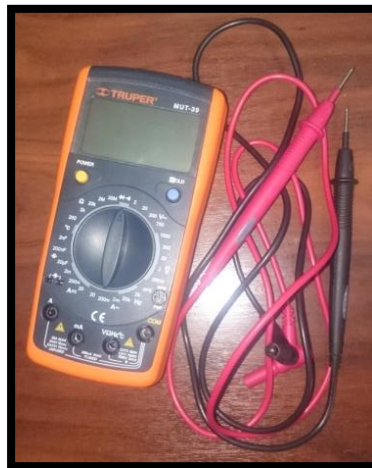


Figura 3.16. Multímetro.

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

3.1.3. Materiales.

Los materiales que se usaron para la realización de las prácticas son los siguientes:

- Guaípe
- Plastigage
- Azul de Prusia
- Franela, entre otros.

3.2. Normas de seguridad.

Antes de comenzar a realizar las pruebas o diagnósticos en el vehículo es necesario conocer las diferentes normas de seguridad que hay que tener en cuenta, esto nos ayudará a trabajar en un ambiente seguro reduciendo riesgos de accidentes. También se debe tomar en cuenta las diferentes precauciones en las pruebas para realizarlas sin inconveniente alguno.

3.2.1. Normas de seguridad general.

Las normas de seguridad general son las que hay que tomar en cuenta antes de realizar las prácticas y las que deben estar presentes en todos los procedimientos que se realice.

a. Atuendo.

La vestimenta debe ser adecuada, es recomendable el uso de guantes, botas con punta de acero, gafas y mandil.

b. Preparación de herramientas.

Preparar un soporte para las diferentes herramientas, equipos o materiales que se utilicen.

c. Piezas o elementos extraídos.

Guardar las piezas o elementos en un recipiente limpio y de manera ordenada para evitar confusiones. En caso de ser necesario limpiar las piezas o elementos extraídos.

d. Piezas pre recubiertas.

Son los pernos o tuercas que vienen recubiertos por adhesivo. Si se vuelven a reutilizar es importante que al poner el nuevo adhesivo la superficie se encuentre limpia.

e. Pernos, tuercas y tornillos.

Utilizar siempre una llave dinamométrica para respetar los ajustes de pares de apriete especificados.

f. Fusibles.

Si algún fusible se encuentra quemado se debe reemplazar por uno del mismo amperaje.

3.2.2. Normas de seguridad en la práctica.

Son las normas que se deben tener en cuenta en prácticas específicas.

a. Modo de inspección.

Antes de activar el modo de inspección, apague el aire acondicionado, arranque el sistema híbrido en posición de estacionamiento (P) seleccionada, y compruebe si el motor se detiene segundos después de arrancar (comprobación de calentamiento del motor).

Hay que activar el modo de inspección adecuado, dependiendo del elemento de prueba la palanca deberá estar en la posición correcta.

Cancelar inmediatamente el modo de inspección al acabar la práctica.

b. Normas de seguridad para la prueba de estanqueidad.

No se debe quitar la tapa del radiador mientras el motor esté caliente ya que podría salir refrigerante de motor o vapor caliente a alta presión y causar quemaduras graves.

c. Normas de seguridad para medir la presión de aceite.

En caso de necesitar completar el nivel de aceite no se debe sobrepasar la medida del máximo.

d. Normas de seguridad para inspeccionar la bomba de aceite.

Se debe inspeccionar visualmente que la bomba de aceite se encuentre limpia para poder realizar las mediciones.

e. Normas de seguridad para inspeccionar la batería auxiliar.

Antes de medir la tensión en la batería se debe desactivar el interruptor de encendido y encender los faros durante 30 segundos, esto eliminará la carga superficial de la batería.

f. Normas de seguridad para inspeccionar el filtro del depurador de aire.

No se debe limpiar el filtro de aire inyectando aire a presión, esto dañará el papel filtrante.

g. Normas de seguridad para comprobar el régimen de ralentí del motor.

Para realizar esta prueba se debe tener la precaución de apagar todos los sistemas eléctricos y el aire acondicionado. No olvidar que la palanca de cambios debe estar en posición de estacionamiento.

h. Normas de seguridad para inspeccionar la válvula y el ruido del dispositivo de ajuste.

Se debe mantener el dispositivo de ajuste de holgura de la válvula limpio de suciedad y partículas extrañas. Además para esta inspección solo se debe usar aceite de motor limpio.

No olvidar que cuando se purgue el aire a alta presión de la cámara de compresión, la punta de la SST 09276-75010 realmente presione la bola de

retención. Si no se presiona la bola de retención, no es posible la purga de aire.

i. Normas de seguridad para medir la compresión.

Esta prueba se debe utilizar una batería completamente cargada para conseguir un régimen del motor de 200 RPM como mínimo. Al momento de realizar la medición de compresión en los cilindros se lo debe hacer lo más rápido posible.

j. Normas de seguridad para medir el CO/HC.

Procurar calentar el motor al punto de que el catalizador haya alcanzado la temperatura de trabajo.

k. Normas de seguridad para realizar la medición en los componentes fijos y móviles del motor.

Los componentes no deben estar sucios ni deben presentar rayones, grietas o deformaciones extrañas.

Tanto en la medición de la holgura del cigüeñal y la de los árboles de levas tener en cuenta que los componentes no giren mientras se realiza el procedimiento de monte y desmonte.

3.3. Análisis de parámetros resultantes.

Los análisis de los parámetros resultantes nos sirven para realizar una comparación entre los datos del fabricante y los datos reales que se obtuvieron, este punto será crucial para poder determinar el estado del motor de combustión interna y sus diferentes sistemas que lo componen.

3.3.1. Análisis de parámetros en prueba de estanqueidad.

En la prueba de estanqueidad se siguieron todos los procedimientos recomendados y una vez alcanzada la presión de 1,1 kgf/cm² (16 lb/pulg²) se esperó un tiempo prudente para observar si esta descendía.

La presión no descendió con se puede determinar que el circuito de refrigeración se encuentra hermético, es decir no presenta ninguna fuga.

3.3.2. Análisis de parámetros de presión de aceite.

En la medición de aceite se realizó la toma de presión bajo dos condiciones. Los valores que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 3.1. Valores resultantes de la presión de aceite.

ESTADO DEL MOTOR	PRESIÓN DEL ACEITE	PRESIÓN DEL ACEITE REAL
Ralentí	0,6 kgf/cm ² (8,7 lb/pulg ²) o más	0,8 kgf/cm ²
2500 R.P.M.	1,4 kgf/cm ² (21 lb/pulg ²) o más	3,0 kgf/cm ²

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Los valores reales muestran que la bomba de aceite se mantiene dentro del rango de trabajo que nos da el fabricante, por ende no necesita ser inspeccionada.

3.3.3. Análisis de parámetros de tensión de la batería auxiliar.

Se realizó la medida de la tensión de la batería auxiliar obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 3.2. Valor resultante de la tensión de la batería.

VALOR ESPECIFICADO	VALOR REAL
12,6 V o más.	12,64 V
12,5 a 12,2 V	
12, 2 V o menos.	

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Se puede determinar según el valor obtenido que la batería auxiliar se encuentra en un estado de carga completo, es decir que las baterías se encuentran cargadas y todos los elementos que trabajan con esta fuente de energía no se verán comprometidos en su funcionamiento por baja tensión.

3.3.4. Análisis de parámetros del régimen de ralentí del motor.

En esta prueba se pudo observar que el régimen de ralentí del motor de combustión interna es de 1000 RPM, es decir se encuentra dentro del rango establecido por el fabricante, el sistema no presenta ningún problema.

3.3.5. Análisis de parámetros de la compresión.

Se llevó a cabo esta medición al motor, siguiendo todas las normas de seguridad y realizando los procedimientos antes mencionados. Se tomaron dos pruebas por cilindro y los valores obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 3.3. Valor resultante de la tensión de la batería.

	Cilindro # 1	Cilindro # 2	Cilindro # 3	Cilindro # 4	
Prueba # 1	110	112	113	112	PSI
Prueba # 2	110	112	110	110	PSI
Compresión	110	112	112	111	PSI
Presión de compresión estándar					
			8,3 kgf/cm ² - 118 lb/pulg ² o más.		
Presión mínima					
			6,3 kgf/cm ² - 89,5 lb/pulg ²		
Diferencia de presión entre cilindros					
			1,0 kgf/cm ² - 14,5 lb/pulg ² o menos.		

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Los valores de compresión que se registraron en los diferentes cilindros nos muestran que está dentro de lo que recomienda el fabricante, con esto se puede determinar que el motor no necesita ser desmontado para comprobar sus componentes.

3.3.6. Análisis de parámetros de CO/HC.

Los valores de medición que se tomaron se hicieron bajo dos condiciones del estado del motor. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 3.4. Valor resultante de los gases de escape.

ESTADO DEL MOTOR	RALENTÍ	2500 RPM	
HC	27	21	ppm
CO	0,01	0,01	%

Fuente: Marlon Alexis Mora Romero

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Los valores de medición que arrojo esta prueba se compararon con los valores de contaminación que permite la autoridad de tránsito municipal del Guayas.

Tabla 3.5. Valores permitidos de los gases de escape.

ESTADO DEL MOTOR	RALENTÍ	2500 RPM	
HC	$x < 250$	$x < 250$	ppm
CO	$x < 1,2$	$x < 1,2$	%

Fuente: Autoridad de Tránsito Municipal del Guayas

Editado por: Marlon Alexis Mora Romero

Los valores de contaminación (HC/CO) que expulsa el motor de combustión interna se encuentran dentro de lo permitido. Con esto se determinó que los diferentes sistemas están operando correctamente.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA PROPUESTA

Una vez hecha todas las pruebas de diagnóstico del motor y sus sistemas se determina el buen estado y no es necesario desmontar el motor ni sus componentes ya que con el diagnóstico fue más que suficiente para conocer el estado de trabajo.

4.1. Toyota Prius híbrido modelo a 2010 UIDE GYE.

El Toyota Prius modelo "A" 2010 que se encuentra en la ciudad de Guayaquil en las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador es un automóvil híbrido del segmento C con dimensiones de 4460 mm de largo, 1745 mm de ancho y 1510 mm de alto. Viene equipado con un motor de combustión motor de 4 cilindros en línea, 1.8 L y DOHC de 16 válvulas que utiliza un ciclo de trabajo Atkinson de relación de expansión elevada y los sistemas VVT-i (sincronización inteligente variable de las válvulas), ETCS-i (sistema de control electrónico inteligente de la mariposa) y EGR con enfriador de EGR de alta eficiencia. Además, el uso de una bomba de agua eléctrica. En la actualidad cuenta con 96920 Km de recorrido.

Cabe mencionar que las baterías de alto voltaje que utiliza el vehículo son de níquel-hidruro metálico y tienen una tensión total de 201,6 Voltios. El motor eléctrico que utiliza es de imán permanente, este entrega una potencia máxima de 60 KWatts y un par máximo de 207 N*m.

4.2. Motor de combustión interna del Toyota Prius híbrido modelo a 2010 UIDE GYE.

A pesar de que el vehículo cuenta con un recorrido de 96920 Km el motor de combustión interna se ha mantenido dentro de los parámetros que nos da el fabricante. Este no presenta ruidos extraños y la compresión que tiene es un indicador de que internamente sus componentes están en buen estado (no existe desgaste excesivo).

El sistema de lubricación del motor se encuentra funcionando de manera correcta, esto ayudara a que el motor este correctamente lubricado reduciendo la fricción entre los componentes fijos y móviles.

El sistema de refrigeración no presenta fuga alguna ya que se hizo la prueba de estanqueidad en el circuito y su presión se mantuvo por largo tiempo, con esto también se comprobó el buen estado de las mangueras de refrigeración y abrazaderas.

Con la medida de los gases de escape se pudo determinar que las emisiones del motor se encuentra dentro de lo permitido, gracias a esto podemos decir con certeza que el motor de combustión interna no necesita reparación alguna, ni sus diferentes sistemas de trabajo.

4.3. Propuesta de la investigación.

Debido a la falta de información de los procedimientos adecuados que se deben realizar ante una inspección o mantenimiento del motor de combustión interna en los vehículos híbridos, se propone realizar el **ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA DEL**

VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS MODELO A con la finalidad de poder dar información válida como precauciones que se deben tener en cuenta antes de realizar algún tipo de inspección, procedimientos a seguir, parámetros resultantes, utilización de herramientas especiales, entre otras.

Esta información ayudara a transmitir conocimientos a la comunidad sobre el motor de combustión interna que trabajen con un ciclo Atkinson.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se recopiló y otorgó toda información legítima de los motores de combustión interna de los vehículos híbridos (Toyota Prius Modelo “A” 2010).

- Se verificó y comprobó los parámetros de medición proporcionado por el fabricante en las diferentes pruebas que se le realizaron al motor de combustión interna dentro de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil.

- Se analizó puntualmente toda la información que se pudo obtener del motor de combustión interna, la misma se detalló puntualmente en funcionamientos, procedimientos, herramientas a usar, parámetros de medición, entre otros.

- Se logró generar conclusiones satisfactorias del estudio del motor de combustión interna de un vehículo híbrido Toyota Prius Modelo “A” 2010, estas mismas se darán a la comunidad.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda que esta información sea proporcionada a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil.

- Se recomienda a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil realizar las mismas pruebas en el motor de combustión interna cuando el vehículo haya alcanzado 130000 Km de recorrido.

- Se recomienda a los estudiantes en general seguir los procedimientos mencionados en esta investigación para la realización de las diferentes pruebas en el motor de combustión interna.

- Se recomienda a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil realizar los mantenimientos preventivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agueda Casado, Eduardo. (2014). Mecánica del vehículo.
- Alonso Pérez, José Manuel. (2009). Técnicas del automóvil.
- Arnal Atares, Pedro. Laguna Blanca, Antonio. (1996). Tractores y motores agrícolas.
- Calderón Guerra, Martín. (2009). Técnicas básicas de mecánicas y electricidad.
- Donat, Hans. (2006). Motores diésel para grandes embarcaciones.
- Enríquez Harper, Gilberto. (2005). El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos.
- Gato Gutiérrez, Felipe. (2012). Sistemas de Aeronaves de Turbina 0.
- González Calleja, David. (2011). Motores CFGM.
- Hewitt, Dick. (1998). Motores de barco.
- Isolve, Mariana. (2000). Historia de la ciencia y la tecnología.
- Obert, Edward F. (1999). Motores de combustión interna.
- Orovio Astudillo, Manuel. (2010). Tecnología del automóvil.
- Picabea Zubía, Alfonso. Ortega Oliva, José. (2010). Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo.
- Vicente, Miguel de Castro. (1998). El Motor de Gasolina.
- BOSCH. (2005). Manual de la técnica del automóvil.
- GRIN Verlag, (2011). Metrología e instrumentación.
- IC Editorial. (2013). Técnicas de mecanizado y metrología.
- Manual de reparaciones Toyota Prius 2010 (RM1290U).
- Manual del propietario del Toyota Prius 2010.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
2WD	Vehículo con tracción a las dos ruedas (4 x 2).
A/C	Aire acondicionado.
AAA	Adelanto de apertura de admisión.
AAE	Adelanto de apertura de escape.
AE	Adelanto de encendido.
API	Instituto americano de petróleo.
CO	Monóxido de carbono.
DLC3	Conector de enlace de datos (Data Link Connector).
DOCH	Doble árbol de levas en la culata.
DTC	Código de diagnóstico (Diagnostic Trouble Code).
EGR	Recirculación de gases de escape
ETCS-i	Sistema inteligente de control electrónico de la mariposa de gases.
GLP	Gas licuado del petróleo.
GNC	Gas natural comprimido.
HC	Hidrocarburos.
IG	Encendido (Ignición).
OHV	Árbol de levas en el bloque.
PMI	Punto muerto inferior.
PMS	Punto muerto superior.
RCA	Retraso de cierre de admisión.
RCA	Retraso de cierre de escape.
RPM	Revoluciones por minuto.
SAE	Sociedad de ingenieros automotrices.
SOCH	Eje de levas en el cabezote.
SST	Herramientas especiales de servicio (Special Service Tools).
TMC	Toyota Motor Corporation.
TRAC/TRC	Sistema de control de tracción (Traction Control System).
VVT-i	Sistema inteligente de admisión variable.

ANEXOS

Anexos No. 1 Mantenimientos preventivos.

Intervalo de mantenimiento Ítem de mantenimiento	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	<i>x 100 Km</i>
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	<i>Meses</i>
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	<i>X 10 Horas</i>
Aceite del motor	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de aceite del motor	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Bujías de encendido								I								R					
Filtro del depurador de aire		I		R		I		R		I		R		I		R		I		R	
Refrigerante del motor								I								R					
Batería Auxiliar	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Líneas de combustible						I						I						I			
Niveles de líquidos	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

I. Inspeccionar estos ítems y las partes relacionadas. En caso que sea necesario limpiar, completar, ajustar o reemplazar.

R. Reemplazar.

Anexos No. 2 Modo de inspección.

Activación del modo de mantenimiento (sin utilizar el Techstream).

Realice los siguientes pasos del (1) al (4) en 60 segundos.

- (1) Encienda el interruptor de encendido (IG).
- (2) Pise el acelerador hasta el fondo dos veces con la posición de estacionamiento (P) seleccionada.
- (3) Pise el acelerador hasta el fondo dos veces con la posición de punto muerto (N) seleccionada.
- (4) Pise el acelerador hasta el fondo dos veces con la posición de estacionamiento (P) seleccionada.
- (5) Compruebe si se muestra "MAINTENANCE MODE" en la pantalla de información múltiple.
- (6) Arranque el motor activando el interruptor de encendido (READY) mientras pisa el pedal del freno.

Activación del modo de mantenimiento (utilizando el Techstream).

- (1) Conecte el Techstream al DLC3.
- (2) Encienda el interruptor de encendido (IG).
- (3) Encienda el Techstream.
- (4) Acceda a los siguientes menús: Powertrain / Hybrid Control / Utility / Inspection Mode - 2WD para medir los gases de escape.
- (5) Compruebe si se muestra "MAINTENANCE MODE" en la pantalla de información múltiple.
- (6) Arranque el motor activando el interruptor de encendido (READY) mientras pisa el pedal del freno.