

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**



**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, CONSUMO Y EMISIONES
GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**FRANCISCO XAVIER CASTILLO MONDRAGÓN
ANDRÉS ALEJANDRO TORRES BRITO**

LATACUNGA – ECUADOR

2011

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. JUAN CASTRO (DIRECTOR)

ING. JOSÉ QUIROZ (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el proyecto titulado “**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, CONSUMO Y EMISIONES GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS**”. Realizado por los señores: Francisco Xavier Castillo Mondragón, Andrés Alejandro Torres Brito, ha sido realizado, guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas establecidas por la ESPE, en el reglamento de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo realizado con excelencia, contenido científico que coadyuvara a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. Si recomiendan su publicación.

El mencionado proyecto, consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato digital. Autorizan a los señores: **Francisco Castillo Mondragón y Andrés Torres Brito**, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en calidad de director de la Carrera de Ingeniería Automotriz

Latacunga, Septiembre de 2011

Ing. Juan Castro
DIRECTOR

Ing. José Quiroz
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: FRANCISCO XAVIER CASTILLO MONDRAGÓN
ANDRÉS ALEJANDRO TORRES BRITO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado “**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, CONSUMO Y EMISIONES GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS**”. Ha sido desarrollado con base a un profundo análisis e investigación exhausta, respetando los derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente el presente trabajo es de nuestra autoría:

En virtud de esta declaración nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Septiembre de 2011

Francisco Xavier Castillo Mondragón
C.I. 1714411376

Andrés Alejandro Torres Brito
C.I. 1002716460

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Nosotros: FRANCISCO XAVIER CASTILLO MONDRAGÓN
ANDRÉS ALEJANDRO TORRES BRITO

Autorizamos a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, LA PUBLICACIÓN EN LA BIBLIOTECA virtual de la Institución del proyecto de grado titulado **“ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, CONSUMO Y EMISIONES GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS”**. Cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y auditoria.

Latacunga, Septiembre de 2011

Francisco Xavier Castillo Mondragón
C.I. 1714411376

Andrés Alejandro Torres Brito
C.I. 1002716460

ÍNDICE

CAPITULO I

VEHÍCULOS HÍBRIDOS

1.1.	Historia propulsión de vehículos.....	1
1.2.	Que son los vehículos híbridos.....	7
1.3.	Emisiones contaminantes generadas por los vehículos.....	9
1.3.1.	Contaminación ambiental.....	9
1.3.2.	Contaminación vehicular.....	10
1.3.3.	Principales emisiones generadas por los vehículos.....	11
1.3.3.1.	Tubería de escape.....	11
1.3.3.2.	Emisiones evaporadas.....	12
1.3.3.3.	Aire sucio.....	13
1.3.4.	Toxicidad de los gases de escape de los motores de combustión interna..	15
1.3.5.	Ruidos de los MCI	18
1.4.	Híbridos disponibles en ecuador.....	19
1.4.1.	Toyota Prius Hybrid.....	20
1.4.2.	Toyota Highlander.....	20
1.4.3.	Chevrolet Silverado Hybrid.....	21
1.4.4.	Chevrolet Tahoe Hybrid.....	22
1.4.5.	Ford Fusion Hybrid.....	22
1.4.6.	Ford Escape Hybrid.....	23
1.4.7.	Lexus RX 450h.....	23
1.4.8.	Mercedes-Benz S 400 Hybrid.....	24
1.5.	Componentes de los vehículos híbridos.....	25
1.5.1.	Motor de Combustión Interna (M.C.I).....	25
1.5.1.1.	Funcionamiento.....	25
1.5.1.2.	Disposición de los cilindros.....	26

1.5.2. Moto Generadores.....	29
1.5.2.1. Generador.....	29
1.5.2.2. Motor Eléctrico.....	30
1.5.3. Inversor.....	32
1.5.4. Batería de Alta Tensión.....	34
1.5.5. Transmisión.....	36
1.5.6. Freno Regenerativo.....	42

CAPÍTULO II

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN

2.1. Tipos de Híbridos	46
2.1.1. Híbridos en serie.....	46
2.1.2. Híbridos en paralelo.....	47
2.1.3. Híbridos mixtos.....	50
2.1.4. Tipos de vehículos híbridos según el grado de hibridación.....	51
2.1.4.1. Híbridos completos o fuertes.....	51
2.1.4.2. Los híbridos suaves.....	51
2.2. Ciclos de Funcionamiento	43
2.2.1. Ciclo Otto.....	52
2.2.2. Ciclos de Funcionamiento Motor de Cuatro Tiempos.....	54
2.2.2.1. Primer tiempo: admisión.....	54
2.2.2.2. Segundo tiempo: compresión.....	54
2.2.2.3. Tercer tiempo: explosión.....	54
2.2.2.4. Cuarto tiempo: escape.....	55
2.2.2.5. Eficiencia	55
2.2.3. Ciclo Atkinson	56
2.3. Sistema Eléctrico y electrónico	59
2.3.1. Unidades de Control.....	59

2.3.2.	Unidades de control que actúan en un vehículo híbrido.....	61
2.3.2.1.	HV ECU (Unidad de control del sistema Híbrido).....	61
2.3.2.2.	ECM (Unidad de Control del Motor).....	62
2.3.2.3.	Skid control ECU (Unidad de control del derrape).....	63
2.3.2.4.	Brake ECU (Unidad de control del frenado).....	64
2.3.2.5.	Unidad de control de la batería de alta tensión.....	64
2.3.3.	Sensor de Posición del Acelerador (APP).....	65
2.3.4.	Comunicación entre ECUS.....	68
2.3.4.1.	Módulo de puerta de enlace de datos.....	68
2.3.5.	Alta tensión.....	69
2.3.5.1.	Monitoreo del voltaje de los paquetes.....	69
2.3.5.2.	Instalación de alta tensión.....	69
2.3.6.	Sistema de control	70
2.3.7.	Funcionamiento del jumper de seguridad.....	71
2.4.	Transmisión de Movimiento	72
2.4.1.	Vehículo detenido.....	74
2.4.2.	Empezando a mover el vehículo.....	75
2.4.3.	Conducción normal.....	75
2.4.4.	Condición de aceleración Fuerte y Velocidad Crucero.....	76
2.4.5.	Deceleración y Frenado.....	77
2.4.6.	Reversa.....	77
2.4.7.	Diferentes condiciones de manejo.....	78
2.4.7.1.	Motor parado y en contacto.....	78
2.4.7.2.	Motor parado con motor a gasolina.....	78
2.4.7.3.	Rodando con motor eléctrico.....	78
2.4.7.4.	Rodando de manera mixta (2 motores).....	78
2.4.7.5.	Rodando en retro.....	79
2.4.7.6.	Rodando en neutro.....	79
2.5.	Sistema de Carga	79

2.5.1. Relé Principal del Sistema (SMR)	79
2.5.2. Control de la alimentación de alta tensión.....	79
2.5.3. Aislamiento de chasis para Alta Tensión.....	80
2.5.4. Sensor de corriente de la batería.....	81
2.5.5. Monitoreo de la temperatura.....	82
2.5.6. Elevador de tensión (BOOSTER)	82
2.5.7. Módulo IPM.....	84
2.5.8. Operación IPM en la estrategia de carga de la Batería HV.....	86
2.5.9. Condensadores circuito INVERSOR.....	88
2.5.10. Conjunto de Resistencias INVERSOR.	88
2.5.11. Transistores IGBT.....	89

CAPÍTULO III

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

3.1. Pruebas de rendimiento	92
3.1.1. Generalidades.....	92
3.1.2. Datos Técnicos de los Vehículos Híbridos.....	92
3.1.3. Desempeño del sistema Híbrido.....	93
3.1.3.1. Desempeño del Sistema Híbrido Toyota Prius.....	93
3.1.3.2. Desempeño del Sistema Híbrido Ford Escape.....	94
3.1.4. Potencia y torque Toyota Prius.....	95
3.1.5. Potencia y torque Ford Escape.....	96
3.1.6. Potencia y torque vehículos convencionales.....	97
3.2. Pruebas de emisiones de gases	97
3.2.1. Generalidades.....	97
3.2.2. Analizador de gas de escape.....	97
3.2.3. Parámetros de la prueba.....	98
3.2.4. Resultados Toyota Prius.....	98

3.2.5.	Resultados Ford Escape.....	99
3.2.6.	Resultados Vehículos Convencionales.....	99
3.3.	Pruebas de consumo de combustible.....	99
3.3.1.	Consumo de combustible.....	99
3.3.2.	Condiciones de la Prueba de Consumo de Combustible.....	100
3.3.3.	Resultados de Consumo Toyota Prius.....	100
3.3.4.	Resultado de Consumo Ford Escape.....	100
3.3.5.	Resultado de Consumo Chevrolet Optra.....	101
3.4.	Pruebas de ruido.....	101
3.4.1.	Generalidades.....	101
3.4.2.	Medidor de ruido	101
3.4.3.	Parámetros de las pruebas.....	102
3.4.4.	Prueba 1.....	103
3.4.5.	Prueba 2.....	103
3.4.6.	Prueba 3.....	104
3.5.	Pruebas eléctricas y electrónicas.....	105
3.5.1.	Generalidades.....	105
3.5.2.	Pruebas eléctricas.....	105
3.5.2.1.	Comprobar continuidad.....	105
3.5.2.2.	Relés.....	106
3.5.2.3.	Luz de advertencia del nivel del freno.....	106
3.5.3.	Pruebas en el sistema de inyección electrónica.....	107
3.5.3.1.	Sensor de temperatura del motor ECT.....	107
3.5.3.2.	Sensor MAF.....	108
3.5.3.3.	Sensor de oxígeno.....	109
3.5.3.4.	Sensor de posición del cigüeñal CKP.....	110
3.5.3.5.	Sistema VVT-i caso Toyota.....	111
3.5.3.6.	Control motorizado de la mariposa.....	112
3.5.3.7.	Módulo de control electrónico ECM.....	113

3.5.3.7.1.	Prueba 1.....	113
3.5.3.7.2.	Prueba 2.....	114
3.5.3.7.3.	Prueba 3.....	116
3.5.4.	Sistema híbrido Toyota Prius.....	117
3.5.4.1.	Prueba 1.....	117
3.5.4.2.	Prueba 2.....	117
3.5.4.3.	Prueba 3.....	118
3.5.4.4.	Prueba 4.....	119
3.5.4.5.	Prueba 5.....	119
3.5.4.6.	Prueba 6.....	121
3.5.5.	Sistema ABS Toyota Prius.....	123
3.5.5.1.	Prueba 1.....	123
3.5.5.2.	Prueba 2.....	123
3.5.6.	Sistema automático de cambios.....	124
3.5.6.1.	Prueba 1.....	124
3.5.6.2.	Prueba 2.....	125
3.5.6.3.	Prueba 3.....	125
3.5.6.4.	Prueba 4.....	126

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.	Rendimiento.....	127
4.1.1.	Desempeño del sistema híbrido.....	127
4.2.	Emisión de gases.....	131
4.2.1.	Ecuación de la combustión.....	131
4.2.2.	Niveles de contaminación en el aire de quito.....	132
4.2.3.	Resultados del análisis de gases en los diferentes vehículos.....	132
4.3.	Consumo de combustible.....	136

4.4. Ruido	139
-------------------------	-----

CAPÍTULO V

GUÍAS DE LABORATORIO

Guía de Laboratorio N° 1.....	142
Guía de Laboratorio N° 2.....	146
Guía de Laboratorio N° 3.....	149
Guía de Laboratorio N° 4.....	153
Guía de Laboratorio N° 5.....	157
Conclusiones	159
Recomendaciones	161

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1 Vehículo a vapor.....	1
Figura 1.2 Primer vehículo híbrido.....	2
Figura 1.3 Owen magnética Modelo 60 Touring.....	4
Figura 1.4 GM 512.....	4
Figura 1.5 Vehículo Híbrido.....	8
Figura 1.6 Toyota Prius.....	20
Figura 1.7 Toyota Highlander.....	20
Figura 1.8 Chevrolet Silverado Hybrid.....	21
Figura 1.9 Chevrolet Silverado Hybrid.....	22
Figura 1.10 Ford Fusion Hybrid.....	22
Figura 1.11 Ford Escape Hybrid.....	23
Figura 1.12 Lexus RX 450h.....	23
Figura 1.13 Mercedes-Benz S 400 Hybrid.....	24
Figura 1.14 Motor en Línea.....	26
Figura 1.15 Motor en V.....	26
Figura 1.16 Motor Bóxer.....	27
Figura 1.17 Motor Vehículo Híbrido.....	28
Figura 1.18 Curvas de par y potencia del motor eléctrico.....	30
Figura 1.19 Moto generadores.....	32
Figura 1.20 Inversor.....	33
Figura 1.21 Conductos de refrigeración en el interior del Inversor.....	34
Figura 1.22 Ubicación Batería de Alta tensión.....	34
Figura 1.23 Batería de Alta tensión.....	35
Figura 1.24 Cubierta Batería de Alta tensión.....	36
Figura 1.25 Esquema interno de la transmisión.....	37

Figura 1.26 Engranaje Planetario.....	38
Figura 1.27 Componentes del sistema de transmisión.....	39
Figura 1.28 Pares de engranajes.....	40
Figura 1.29 Conjunto de la transmisión.....	41
Figura 1.30 Curvas comparativas del Frenado Regenerativo.....	43
Figura 1.31 Curva del frenado regenerativo y el frenado hidráulico.....	44
Figura 1.32 Esquema del freno regenerativo.....	44

CAPÍTULO II

Figura 2.1 Estructura de un vehículo híbrido en serie.....	45
Figura 2.2 Estructura de un vehículo eléctrico híbrido paralelo.....	47
Figura 2.3 Fuerzas de tracción.....	48
Figura 2.4 Combinación de Torques.....	49
Figura 2.5 Torque en el eje.....	49
Figura 2.6 Estructura de un híbrido Mixto.....	50
Figura 2.7 Compartimiento del motor de un Mariner Hybrid 2006.....	51
Figura 2.8 Compartimiento del motor de un vehículo Híbrido.....	52
Figura 2.9 Diagrama P – V.....	53
Figura 2.10 Motor cuatro tiempos.....	53
Figura 2.11 Diagrama Presión – Volumen Ciclo Atkinson.....	57
Figura 2.12 Motor Ciclo Atkinson.....	58
Figura 2.13 Unidades de Control Relacionadas.....	60
Figura 2.14 Conector de Diagnóstico.....	62
Figura 2.15 Método 1 de la Señal del APP.....	67
Figura 2.16 Método 2 de la Señal del APP.....	67
Figura 2.17 Circuito eléctrico de Alto Voltaje.....	70
Figura 2.18 Sistema de Control THS II.....	71
Figura 2.19 Componentes de la Transmisión.....	72

Figura 2.20 Vehículo empezando a moverse.....	75
Figura 2.21 Vehículo entre 30 y 70 Km.....	76
Figura 2.22 Vehículo a altas velocidades.....	76
Figura 2.23 Vehículo frenado.....	77
Figura 2.24 Transistor IGBT.....	89
Figura 2.25 Curva de Corriente Transistor IGBT.....	90
Figura 2.26 Características Transistor IGBT.....	91

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Sonómetro Digital.....	102
Figura 3.2 Medición de Continuidad.....	105
Figura 3.3 Terminales del relé.....	106
Figura 3.4 Conector del depósito del freno.....	107
Figura 3.5 Circuito del Sensor ECT.....	108
Figura 3.6 Curva del valor medido en el sensor de Oxígeno.....	110
Figura 3.7 Forma de onda del sensor CKP.....	111
Figura 3.8 Forma de onda del control motorizado de la mariposa.....	113
Figura 3.9 Terminales HTE+ y HTE– en el conector de la ECM.....	113
Figura 3.10 Forma de onda medida en el conector de la ECM.....	114
Figura 3.11 Disposición de cables en el conector de la ECM.....	115
Figura 3.12 Medición de Voltaje de la Bomba de combustible.....	116
Figura 3.13 Conector del sensor de corriente de la batería HV.....	118
Figura 3.14 Conectores del inversor.....	120
Figura 3.15 Conector de la HV ECU.....	121
Figura 3.16 Conector del sensor de posición de cambios.....	124
Figura 3.17 Medición de voltaje de la electroválvula.....	125
Figura 3.18 Comprobaciones de funcionamiento del solenoide.....	126

CAPÍTULO IV

Figura 4.1 Desempeño Toyota Prius en carretera.....	127
Figura 4.2 Desempeño Toyota Prius en ciudad.....	128
Figura 4.3 Desempeño Ford Escape en carretera.....	128
Figura 4.4 Desempeño Ford Escape en ciudad.....	129
Figura 4.5 Potencia Máxima Vehículos Híbridos y Convencionales.....	130
Figura 4.6 Torque Máximo Vehículos Híbridos y Convencionales.....	130
Figura 4.7 Cantidad de CO.....	133
Figura 4.8 Cantidad de HC.....	133
Figura 4.9 Cantidad de O2.....	134
Figura 4.10 Cantidad de CO2.....	135
Figura 4.11 Consumo de Combustible Carretera (Latacunga-Ambato).....	136
Figura 4.12 Consumo de Combustible Carretera (Latacunga-Quito-Latacunga)	137
Figura 4.13 Consumo de Combustible en ciudad Vehículos Híbridos.....	137
Figura 4.14 Consumo de combustible en Ciudad.....	138
Figura 4.15 Ruido en el interior de los vehículos.....	139
Figura 4.16 Ruido afuera del vehículo.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1 Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión.....	15
Tabla 1.2 Emisiones de ruido.....	19

CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Valores de Corriente Transistor IGBT.....	91
---	----

CAPÍTULO III

Tabla 3.1 Datos Técnicos Ford Escape Híbrido.....	92
Tabla 3.1 Datos Técnicos Toyota Híbrido.....	92
Tabla 3.3 Parámetros de la prueba de desempeño del sistema híbrido.....	93
Tabla 3.4 Desempeño Sistema Híbrido Toyota Prius.....	93
Tabla 3.5 Desempeño Sistema Híbrido Ford Escape.....	94
Tabla 3.6 Potencia Toyota Prius.....	95
Tabla 3.7 Torque Toyota Prius.....	96
Tabla 3.8 Potencia Ford Escape.....	96
Tabla 3.9 Torque Ford Escape.....	96
Tabla 3.10 Potencia y torque máximo vehículos convencionales.....	97
Tabla 3.11 Condiciones óptimas de Contaminantes en el Escape.....	98
Tabla 3.12 Valores Máximos de Emisiones permitidas por la Corpaire.....	98
Tabla 3.13 Análisis de Gases Toyota Prius.....	98
Tabla 3.14 Análisis de Gases Ford Escape.....	99
Tabla 3.15 Análisis de Gases Vehículos Convencionales.....	99
Tabla 3.16 Parámetros de la prueba de consumo de combustible.....	100
Tabla 3.17 Consumo de Combustible Toyota Prius.....	100
Tabla 3.18 Consumo de Combustible Ford Escape.....	100

Tabla 3.19 Consumo de Combustible Chevrolet Optra.....	101
Tabla 3.20 Características del Sonómetro.....	102
Tabla 3.21 Condiciones para la realización de las pruebas de ruido.....	102
Tabla 3.22 Medición de ruido en el vehículo Toyota Prius.....	103
Tabla 3.23 Medición de ruido en el vehículo Ford Escape Híbrido.....	103
Tabla 3.24 Medición de ruido en el vehículo Chevrolet Optra.....	104
Tabla 2.25 Mediciones en el relé.....	106
Tabla 2.26 Valores de resistencia del Sensor ECT.....	108
Tabla 3.27 Mediciones en el conector de la EMC	115
Tabla 3.28 Resistencia del sensor de temperatura de la batería de alto voltaje	117
Tabla 3.29 Valor de resistencia del sensor de corriente de la batería HV.....	118
Tabla 3.31 Medición de voltaje en los terminales del conector del inversor....	120
Tabla 3.32 Medición de los terminales de la HV ECU.....	121
Tabla 3.33 Resistencia en los terminales de la unidad de control de frenado..	123
Tabla 3.34 Valores de resistencia del sensor de velocidad del ABS.....	124
Tabla 3.35 Valores de continuidad del sensor de posición de cambios.....	124
Tabla 3.36 Valores de voltaje de la ECU del bloque de cambios.....	126

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1 Niveles de contaminantes en el Aire de Quito.....	132
Tabla 4.2 Ahorro de combustible Toyota Prius.....	139

RESUMEN

Debido a la necesidad de reducir las emisiones contaminantes por parte de los vehículos y a los elevados costos de los combustibles convencionales que han alcanzado en los últimos tiempos se comienza a implementar desde hace varios años tecnologías alternativas, que permitan mejorar las condiciones de propulsión de los vehículos reduciendo los contaminantes generados por los motores de combustión interna.

Se denomina “vehículos híbridos” a los automóviles que utilizan un motor de combustión interna que trabaja alternadamente con un motor eléctrico, que también puede ser generador en algunas condiciones, todo el sistema utiliza una batería de alto voltaje para almacenar carga eléctrica, mientras el sistema de frenos regenerativos se encargan de mantener la carga de las mismas. Entre los principales componentes de un vehículo híbrido podemos encontrar: motor gasolina, inversor, moto generador, transmisión y Batería de alta.

Los híbridos se pueden fabricar en diferentes configuraciones: en paralelo, en serie y mixtos.

Dado que el mayor consumo de combustible de los vehículos híbridos se da en carretera, los motores eléctricos constituyen un ahorro energético notable, mientras que un motor térmico necesita incrementar sus revoluciones para aumentar su par, el motor eléctrico en cambio tiene un par (fuerza del motor) constante, es decir produce la misma aceleración al comenzar la marcha que con el vehículo en movimiento. Esta tecnología ha permitido conseguir que el consumo de combustible sea de un 20% hasta un 60% menor que en vehículos comparables de tipo convencional.

SUMMARY

Due to the need to reduce emissions from vehicles and the high costs of conventional fuels have achieved in recent years have begun to implement several years alternative technologies, to improve the terms of propulsion of vehicles by reducing pollutants generated by internal combustion engines.

It is called "hybrid Vehicles" to cars that use an internal combustion engine alternate work with an electric motor, can also be generated under certain conditions, throughout the system uses a high-voltage battery to store electrical charge, while the regenerative braking system are responsible for maintaining the battery charge. The main components of a hybrid vehicle can find: gasoline, inverter, motor generator, transmission and High-voltage battery.

Hybrids can be produced in different configurations: parallel, serial, and mixed.

Since the higher fuel consumption of hybrid vehicles on the road occurs, electric motors are a significant energy savings, whereas an internal combustion engine needs to increase its speed to increase torque, while the electric motor has a torque (engine power) constant, produce the same acceleration at the start of the march that the vehicle is in motion. This technology has enabled to get the fuel consumption is about 20% to 60% lower than comparable conventional vehicles.

CAPÍTULO I

VEHÍCULOS HÍBRIDOS

1.1. HISTORIA PROPULSIÓN DE VEHÍCULOS¹

A través de la historia han sido diversos los medios utilizados para la propulsión de vehículos, así tenemos que en el siglo XVII se da el primer intento de obtener una fuerza motriz en reemplazo de los caballos utilizados en la movilización de carretas. Es donde realmente empieza la historia del automóvil recoge los tres medios de propulsión: vapor, electricidad y gasolina.

El primer vehículo a vapor es el "carromato" de Nicolás Gugnot, demasiado pesado, ruidoso y temible. El segundo es el triciclo de William Murdock, que data del año 1784; con sus delgadas ruedas y su pequeña chimenea en la parte posterior, fue mucho más delicado que el anterior.

El tercer vehículo a vapor fue presentado en 1804 por Oliver Evans; era un enorme barco anfibia que había sido construido para dragar el río Schuylkill y estaba provisto por una parte, de cuatro ruedas para caminar por tierra, y por otra, de una rueda de paletas que le impulsaba por el agua.



Figura 1.1 Vehículo a vapor

¹ [http:// www.hybridcars.com/history/history-of-hybrid-vehicles](http://www.hybridcars.com/history/history-of-hybrid-vehicles)

Durante la segunda mitad del siglo XIX se manifestó la necesidad cada vez mayor de un vehículo mecánico que pudiese transitar por las calles. La invención del coche de vapor fracasó por ser una máquina muy pesada y de difícil conducción.

El nacimiento del automóvil llegó gracias al invento de Dunlop, las llantas neumáticas, pero también se necesitaba de un motor. Esta exigencia se cumplió con la aparición del motor eléctrico, una vez solucionados los problemas de la generación de corriente y su distribución.

Etienne Lenoir, un ingeniero francés, construyó en 1883 una máquina que era impulsada con gas de carbón común: llegó a colocarla sobre ruedas y viajaba en ella. Siegfried Marcus, un inventor vienés, utilizó por primera vez en 1875 gas de petróleo para mover un pequeño coche por las calles de Viena.

En 1899 el Dr. Ferdinand Porsche, entonces un joven ingeniero y Jacob Lohner, construyen el primer vehículo híbrido o, más concretamente, el primer coche híbrido.



Figura 1.2 Primer vehículo híbrido

El Lohner-Porsche de gasolina-eléctrico 'Mixta' utilizaba un motor de gasolina que giraba a una velocidad constante para impulsar un dinamo que cargaba un banco de acumuladores. Estos, a su vez, alimentaban a los motores eléctricos de corriente contenidos en los cubos de la parte delantera. Entonces no había necesidad de ejes de transmisión.

Cuando apareció por primera vez en la Exposición Mundial de París, el 14 de abril de 1900, el Lohner-Porsche con motor eléctrico asombró al mundo del automóvil y fue una auténtica novedad para los fanáticos del automóvil de la época.

Durante 1902 un utilitario híbrido en serie compitió contra el vapor y los coches a gasolina en una prueba de fiabilidad de Nueva York a Boston.

En 1905 Piper presentó una patente para un vehículo híbrido eléctrico-gasolina. Su idea era utilizar un motor eléctrico para ayudar a un motor de combustión interna, principalmente para ayudar al Motor de Combustión Interna para permitir que el vehículo acelere a 40 kilómetros por hora en 10 segundos, en lugar del habitual 30 km/h.

La patente de Piper se publicó, tres años y medio más tarde, los motores ya se habían convertido en lo suficientemente potentes como para lograr este tipo de adecuación por su cuenta. Y más aún el costo de las gasolinas y sus avances permitió un aumento en la producción general de automóviles por parte de Henry Ford, logrando poco a poco acabar con los vehículos híbridos.

Una notable excepción se da en 1921 con el Owen magnética Modelo 60 Touring, que utiliza un motor de gasolina para funcionar un generador que suministra energía eléctrica a los motores montados en cada una de las ruedas traseras.



Figura 1.3 Owen magnética Modelo 60 Touring

Los coches híbridos no volvieron a aparecer por varios años durante 1922 – 1965. Fue un durmiente plazo para los coches eléctricos e híbridos producidos en masa.

En 1965 General Motors experimentó con un vehículo híbrido, cuyo nombre en código era GM 512. Tenía un motor de dos cilindros y una combinación de baterías. El coche experimental muy ligero corrió por completo empleando energía eléctrica logrando hasta diez o doce millas por hora. Por encima de esa velocidad se corrió con gasolina, pero sólo pudo alcanzar los 40 kilómetros por hora. No consiguió un mayor desarrollo.



Figura 1.4 GM 512

El embargo petrolero árabe de 1973 cambió el pensamiento del automóvil. El aumento del costo de combustible impulsó la investigación y el desarrollo de vehículos más económicos. El Departamento de Energía de EE.UU. realizó pruebas en los vehículos eléctricos e híbridos propuestos por los diferentes fabricantes, incluyendo un híbrido conocido como el "taxi VW". El taxi, que utiliza una configuración híbrida en paralelo que permite la conmutación flexible entre el motor de gasolina y motor eléctrico, conectado a más de 8.000 kilómetros en la carretera, y se mostró en toda Europa y los Estados Unidos.

Durante 1980 Briggs and Stratton, la compañía conocida por la fabricación de motores de cortadora de césped, desarrollo un coche híbrido propulsado por un motor de doble cilindro de gasolina de cuatro tiempos 16hp y un motor eléctrico para un total de 26 caballos de fuerza. El tren motriz híbrido de alimentación se suministró a un vehículo de diseño personalizado de dos puertas con seis ruedas, dos delante y cuatro en la parte posterior.

Chrysler, siempre a la vanguardia en estilo y tecnología, diseño y construyó un híbrido con motor impulsado a gas natural líquido corrió las carreras de coches en los años 90, con miras a entrar en las carreras de 1995. El objetivo era reunir información y aprender acerca de esta nueva forma de utilizar combustibles alternativos y diferentes conceptos híbridos. El auto de carreras 'Patriot' utilizó una combinación de gas natural licuado (GNL) como combustible alternativo, un motor eléctrico de tracción refrigerado por agua para mover las ruedas traseras. El alternador turbo de baja velocidad del sistema alcanzaba una velocidad de 60.000 rpm, mientras que la unidad de alta velocidad funcionaba a 100.000 rpm.

Ya en 1997 El Toyota Prius se introdujo en el mercado japonés, dos años antes de su fecha de lanzamiento original, y antes de la conferencia de Kyoto del calentamiento global, celebrada en diciembre. Las ventas del primer año fueron casi 18.000. Toyota

capturo la sorpresa del resto del mundo con la tecnología híbrida-eléctrica. Mientras América del Norte seguía impulsando los coches eléctricos, y Europa estaba teniendo éxito con casi el 50% de los vehículos nuevos con tecnología Diesel frugal, que no emiten monóxido de carbono.

Audi se convirtió en el primer fabricante de Europa en producir un vehículo híbrido en volumen: el dúo de Audi basado en el A4 Avant. Fue un vehículo accionado por un TDI de 90 caballos de fuerza 1.9 litros en conjunto con un motor de 29 caballos de fuerza eléctrica. Una batería de plomo-gel en la parte trasera almacenaba la energía eléctrica. El dúo no fue un éxito comercial y por lo tanto se suspendió, lo que provocó que fabricantes europeos de automóviles centren su inversión en los motores diesel.

En 1997 – 1999 debido a la alta densidad de vehículos, la contaminación prácticamente obligo a ser más estrictos en la regulación del aire. Los fabricantes de automóviles debían vender un porcentaje fijo de vehículos de emisión cero. Una pequeña selección de coches totalmente eléctricos de los grandes fabricantes de automóviles, incluyendo Honda EV Plus, GM EV1 y S-10 pickup eléctrica, una camioneta Ford Ranger y Toyota RAV4 EV se introdujeron. En pocos años se redujo el entusiasmo, por su alcance limitado y la necesidad de estar enchufado en el caso de los vehículos eléctricos, mientras que los vehículos híbridos no necesitaban ser enchufados. En pocos años, los programas completamente eléctricos fueron retirados.

Al término de 1999 Honda lanzó el dos puertas Insight, el primer coche híbrido que llega al mercado de masas en los Estados Unidos. El Insight gano numerosos premios y recibió valoraciones de la EPA de 61 mpg en ciudad y 70 mpg en carretera.

Alrededor de 2002 Honda presentó nuevamente otro híbrido el Honda Civic Hybrid, el segundo disponible en el mercado. El aspecto y la manejabilidad del Civic Hybrid fue y sigue siendo idénticos a los convencionales Cívic.

En 2004 El Toyota Prius II ganó entre 2.004 coches los Premios del Año en el Motor Trend Magazine y América del Norte Auto Show. Toyota fue sorprendido por la demanda y se bombea hasta su producción de 36.000 a 47.000 para el mercado de los EE.UU. Los compradores interesados esperan hasta seis meses para comprar el Prius 2004. Mientras que Toyota Motor Sales EE.UU. los llamó "los mejores coches que han tenido".

En la actualidad son diferentes los modelos de grandes marcas automotrices como Ford, Toyota, Honda, etc. Cada día la expectativa crece en cuanto al desarrollo de estos vehículos cada vez más presentes en ciudades y carreteras.

1.2. QUE SON LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Desde hace muchos años los medios de transporte como buses, carros, aviones han utilizado la gasolina como medio para operar. Los antiguos motores de vapor y electricidad ya pasaron a la historia. Debido a la necesidad de reducción de emisiones contaminantes por parte de los vehículos y a los elevados costos que los combustibles convencionales han logrado alcanzar en los últimos tiempos se han comenzado a implementar desde hace varios años en los diferentes países tecnología alternativa, que permita mejorar las condiciones de propulsión del vehículo reduciendo los contaminantes.

Ahora vivimos tiempos, en los cuales la tecnología, es expuesta en diferentes formas; por supuesto que los vehículos, no podían mantenerse al margen del avance de la ciencia por esto, cuando se trata de vehículos, los fabricantes tienden a buscar apoyo, en la tecnología de punta, para seguir con el negocio.

El desarrollo de estas nuevas tecnologías permite la introducción de los vehículos híbridos en el campo automotriz, el término propulsión híbrida es utilizado para referirse a vehículos con más de una fuente de propulsión. La base importante de un

vehículo Híbrido está dada por un motor de combustión interna que trabaja de forma alternada con un motor eléctrico, este motor puede ser también generador en algunas condiciones y todo el sistema utiliza una batería de alto voltaje para almacenar carga eléctrica. Esta tecnología es bastante avanzada y permite utilizar la cinética del frenado para convertir al motor Generador y restablecer la carga de la batería de alta tensión. Lógicamente todo esto se logra por la electrónica incorporada en cada unidad de control del sistema.

El objetivo del desarrollo de las tecnologías híbridas es combinar dos fuentes de energía, de manera que las cualidades de cada sistema sean utilizadas bajo condiciones de generación variables, de tal forma que las ventajas globales del desarrollo del sistema híbrido pesen más que el costo de su configuración.

Los vehículos híbridos están contruidos, para funcionar, combinando fuentes de energía, con la pretensión de lograr que el vehículo aproveche al máximo, la fuerza obtenida de los componentes del sistema.

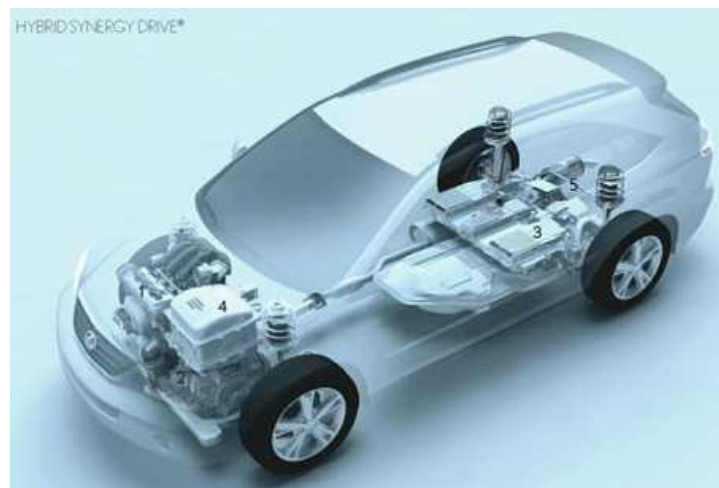


Figura 1.5 Vehículo Híbrido

Un Vehículo Híbrido usa mecanismos, que tienen la habilidad de administrar el funcionamiento de sus componentes, logrando con ello, que el vehículo, mantenga cubierto las necesidades de rendimiento y autonomía; alternando la función de sus componentes, dándole preferencia al componente, o modo, que menos contamine. La combinación de un motor de combustión interna operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos almacenen mejores rendimientos de los vehículos convencionales.

1.3. EMISIONES CONTAMINANTES GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS

La contaminación es la introducción de un contaminante dentro de un ambiente natural que causa inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Los contaminantes pueden ser una sustancia extraña, energía, o sustancia natural, se llama contaminante cuando excede los niveles naturales normales. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana.

1.3.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La contaminación ambiental es la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, para la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o que impidan el uso habitual de las propiedades y lugares de recreación y el goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas o de mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales de los mismos o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar de las personas.

1.3.2. CONTAMINACIÓN VEHICULAR

La energía mecánica, indispensable para poner en acción diferentes máquinas se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La que más se utiliza es la energía térmica obtenida de los combustibles de naturaleza orgánica. Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna (MCI), a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo.

En la Unión Europea aunque los medios de locomoción son responsables únicamente de un 5 % de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), son responsables del 25 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), del 87 % de las de monóxido de carbono (CO) y del 66 % de las de óxidos de nitrógeno (NO_x). Es decir que el transporte, en general, es responsable de la mayor parte de las emisiones a la atmósfera de algunos contaminantes. Dichos motores de combustión, que tanto han hecho por la evolución tecnológica y social de la humanidad, lo han logrado a un precio demasiado alto.

Estos motores son los responsables también en gran medida de las aportaciones de contaminantes gaseosos a la atmósfera causantes del aumento del efecto invernadero (CO₂), del incremento de la lluvia ácida (SO₂, NO_x), así como de la mayor incidencia de ciertas afecciones pulmonares en las ciudades partículas sólidas y compuestos orgánicos volátiles (COV).

El impacto ambiental del MCI está estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del mismo: la reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados "gases de invernadero", y la reducción de los niveles de ruido.

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado "efecto invernadero", provocado por las crecientes emisiones

a la atmósfera de gases tales como: CO₂, metano, óxido nitroso y los cloro-fluorocarbonatos, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global. Las formas más importantes de acción del motor de combustión interna sobre el medio ambiente son:

- Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI.
- Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.
- Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al hombre, la flora y la fauna.
- Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.
- Consumo de agua potable.
- Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el rendimiento de los trabajadores y ocasiona molestias en sentido general.

1.3.3. PRINCIPALES EMISIONES GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS²

1.3.3.1. TUBERÍA DE ESCAPE

La mayor parte de los componentes de la quema de combustibles fósiles en el motor del vehículo son emitidos a través del sistema de escape. Entre los mayores elementos contaminantes están:

Hidrocarburos: Esta clase está hecha de partículas que no fueron partes de la combustión o lo fueron de forma parcial, y es el mayor contribuyente a lo que se

² García, Roberto y Espinosa, Helio. El impacto del transporte automotor en el medio ambiente. Revista Ingeniería del Transporte. Volumen X, Número 1

conoce como el smog de las ciudades, así como es reconocido que es altamente tóxico para la salud humana. Pueden causar daños y problemas en el hígado así como cáncer si se está continuamente expuesto a este. A dosis reducidas produce dolores de cabeza, mareos, disminución de la concentración y del rendimiento.

Óxido de nitrógeno (NO_x): Estos son generados cuando el nitrógeno reacciona con el oxígeno del aire bajo la alta temperatura y las condiciones de presión que se presentan dentro del motor. Las emisiones de estos óxidos de nitrógeno contribuyen también para la creación del smog así como para la formación de la lluvia ácida.

Monóxido de carbono (CO): un producto de la combustión incompleta debido a la ineficiencia de estas tecnologías. Algunos de los efectos nocivos son que disminuye la capacidad natural de la sangre para cargar oxígeno en las células llevando consigo peligrosos riesgos así como enfermedad cardíaca.

Dióxido de carbono (CO₂): las emisiones del dióxido de carbono son un tema de mayor preocupación dentro de todo el tema del calentamiento global puesto que es un gas que produce efecto invernadero, cada vez más común.

1.3.3.2. EMISIONES EVAPORADAS

Estas son producidas por la evaporación del combustible, y son también otro gran factor para la creación del smog urbano puesto que sus moléculas son de un peso molecular alto y tienen a estar más cerca del nivel del suelo. La gasolina tiene a evaporarse en algunas de estas formas.

Ventilación del tanque de gasolina: el proceso de calentamiento del vehículo y aumento de temperatura desde las bajas temperaturas de la noche hacia las más altas durante el día hacen que la gasolina en el tanque se evapore, aumentando la presión dentro del tanque para igualar la presión atmosférica. Esta presión debe ser liberada y

antes de los controles de emisión de gases, estos gases eran simplemente liberados a la atmósfera.

Pérdidas y fugas: El escape de los vapores de la gasolina desde el motor caliente.

Pérdidas de recargas: Este causa especialmente una gran cantidad de emisiones de vapores de hidrocarburo. El espacio desocupado dentro del tanque del vehículo es ocupado por los gases de hidrocarburo, por lo tanto, a medida que el tanque se va llenando de gasolina, estos gases son desplazados y forzados a salir a la atmósfera. En adición a esto, hay pérdidas por evaporaciones posteriores y riegos de gasolina.

Emisiones del ciclo de vida: Estos son producidos por todas las actividades asociadas con la manufactura, el mantenimiento y el desecho de un vehículo e incluye objetos como:

- Los recursos energéticos requeridos usados para la manufactura del vehículo.
- Solventes volátiles utilizados en el proceso de la manufactura. (acabados de la pintura del automóvil, etc)
- Descomposición de materiales sintéticos utilizados para reducir el peso y simplificar la manufactura.
- Requerimientos de mantenimiento tales como cambio de aceite o filtros, remplazo de batería, etc.
- Requerimientos de desecho que incluyen lubricantes contaminantes, llantas, metales pesados (plomo, cromo) y basureros.

1.3.3.3. AIRE SUCIO

Smog es el término general utilizado para describir una variedad de contaminantes del aire, incluyendo el ozono a nivel del suelo (el principal ingrediente del smog), la materia particulada, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno. El término se

refiere a la contaminación del aire que se forma cuando los gases provenientes de muchas fuentes se liberan al aire y reaccionan químicamente entre ellos a la luz solar.

La brisa del océano arrastra el smog tierra adentro hacia las montañas, en donde una capa de inversión de aire cálido lo empuja hacia abajo, atrapando al smog cerca del suelo donde vivimos y respiramos.

El ozono que se encuentra a nivel del suelo (O_3) es un contaminante incoloro e inodoro que se forma por una reacción química entre los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) en presencia de luz solar. La fuente principal de VOCs y NO_x son las fuentes móviles que incluyen automóviles, camiones y autobuses más el equipo agrícola y el equipo para la construcción. Por el contrario, el ozono estratosférico de la capa más alta de nuestra atmósfera, mejor conocido como la capa de ozono, protege a la tierra de los rayos ultravioletas dañinos del sol.

Materia particulada (PM) es el término utilizado para una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran en el aire. Se origina de una variedad de fuentes que incluyen automóviles, plantas de energía, actividades de la construcción, polvo del suelo, hollín y procedimientos industriales. Las partículas gruesas (PM10) generalmente son emitidas por fuentes como el polvo que el viento sopla, los vehículos que viajan por caminos no pavimentados y las operaciones de aplastado y trituración. Las partículas finas (PM 2.5) pueden provenir de la combustión de combustibles (automóviles, generación de energía, plantas industriales) y del polvo fugitivo. Las partículas finas se forman principalmente en la atmósfera a partir de gases como los óxidos de azufre, NO_x y VOCs.

1.3.4. TOXICIDAD DE LOS GASES DE ESCAPE.

Se llaman sustancias tóxicas a las que ejercen influencia nociva sobre el organismo humano y el medio ambiente. Durante el trabajo de los MCI del émbolo se desprenden las siguientes sustancias tóxicas principales: óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, sustancias cancerígenas (bencipireno), compuestos de azufre y plomo. Además de los gases de escape de los MCI, otras fuentes de toxicidad son también los gases del cárter y la evaporación del combustible a la atmósfera. Incluso en un motor bien regulado la cantidad de componentes tóxicos que se expulsan durante su funcionamiento puede alcanzar los siguientes valores:

Tabla 1.1 Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión

Componentes tóxicos	Motores Diesel	Motores de carburador
Monóxido de carbono, %	0.2	6
Óxidos de nitrógeno. %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4
Dióxido de azufre, %	0.04	0.007
Hollín/ mg/l	0.3	0.05

De este modo, la toxicidad de los motores Diesel depende en lo principal del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín. La toxicidad de los motores de encendido por chispa y carburador depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.

Los motores de combustión interna tienen gran responsabilidad en los niveles de emisión de sustancias que provocan el "efecto invernadero", fundamentalmente del dióxido de carbono y los óxidos nitrosos.

De acuerdo con estimaciones internacionales acerca de los Cambios Climáticos; de mantenerse las actuales tendencias en las emisiones de "gases del efecto invernadero", la temperatura media global aumentaría a un ritmo de 0.3 °C por década. Consecuentemente, se producirán incrementos en el nivel del mar que pudiera ser entre 20 y 50 cm. para el año 2012 y de alrededor de 1 m. para el año 2100.

Los métodos de reducción de la toxicidad y el humeado de los MCI pueden ser divididos en dos grupos: los constructivos y los explotativos. Entre los métodos constructivos podemos citar: la recirculación de los gases de escape y la neutralización de los mismos. Dentro los métodos explotativos se encuentran: el estado técnico del MCI y su correcta regulación, perfeccionamiento de los procesos de formación de la mezcla y de combustión, la correcta selección de los combustibles y sus aditivos, y la utilización de los biocombustibles.

Para la neutralización de los gases de escape desde hace años se habla de catalizadores de tres vías, de catalizadores de oxidación, de sondas Lambda o de válvulas EGR (Recirculación de gases de escape).

El sensor que proporciona al sistema la capacidad de mantener la estequiometría es el sensor o sonda "Lambda". Se coloca atornillada en el colector de escape, suministra a la computadora información sobre el contenido de oxígeno de los gases residuales que se escapan de los cilindros. Esencialmente es una pila seca, ya que produce voltaje del potencial eléctrico entre dos sustancias, en este caso, el aire ambiental y el escape; cuanto más oxígeno hay en el escape (lo cual corresponde a una condición de

mezcla pobre) menor será el potencial y el voltaje producido, pero cuando hay menos oxígeno (como en una mezcla rica) mayor será el potencial y el voltaje creado.

El índice de aire y combustible "estequiométrico" (o sea, una relación aire a combustible por peso de 14.6:1) en los motores de encendido por chispa asegura que todo el combustible que entra en la cámara de combustión tenga la cantidad adecuada de oxígeno para combinarse logrando un quemado completo, reduciendo de esta manera las emisiones de HC (hidrocarburos) y de CO (monóxido de carbono). El convertidor catalítico de oxidación de doble vía puede limpiar una gran cantidad de HC y CO después de dejar los cilindros; un contaminante más difícil de eliminar son los NO_x (óxidos de nitrógeno, un ingrediente del smog fotoquímico). Si bien la EGR realiza una tarea razonablemente buena en mantener baja la formación de NO_x reduciendo las temperaturas máximas de combustión, no puede hacer lo suficiente para satisfacer los requisitos de algunos países. El convertidor catalítico de tres vías tiene una sección de oxidación que utiliza platino y paladio, más una sección de reducción que utiliza rodio para reducir los NO_x a nitrógeno y oxígeno inocuos, sin embargo esta reacción de reducción sólo se puede mantener si hay una relación estequiométrica de aire y combustible.

El catalizador de tres vías se instala en la mayoría de los coches modernos acompañado de la sonda Lambda, mientras que en los motores Diesel para tractores y autos pesados el más empleado es el catalizador de oxidación.

Los biocombustibles son uno de los combustibles alternativos que disfrutan de unas ventajas más claras y que se obtienen a partir de productos agrícolas, no contienen azufre y por lo tanto no forman el anhídrido sulfuroso, uno de los principales causantes de la lluvia ácida, ni incrementan la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera. Los análisis realizados, tanto en bancos de pruebas como en experiencias piloto, dejan bien claro que la utilización de los biocombustibles ofrece ventajas

medioambientales en comparación con los combustibles convencionales como el gasoil.

En nuestro país por el momento no se realiza ningún control de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los "gases de invernadero". Es muy común ver en nuestras carreteras como circulan vehículos con MCI diesel arrojando una gran cantidad de humo negro y MCI de encendido por chispa que al pasar no sólo humean sino que también dejan un fuerte olor a gasolina que incluso es irritante para nuestros ojos, evidencias estas no solo de una elevada cantidad de gases tóxicos sino también de mala regulación del sistema de alimentación de estos vehículos. Por lo que se deduce que de elevar las exigencias al personal técnico responsabilizado por la explotación de estos equipos y a los propios conductores se puede disminuir no solo la contaminación ambiental sino también dar mejor uso al combustible disponible, pues un sistema de alimentación en mal estado trae aparejado también un consumo de combustible elevado.

1.3.5. RUIDOS DE LOS MCI

Se entiende por ruido del MCI la emisión acústica que éste produce durante el trabajo. Los principales componentes del ruido del motor son: el ruido de admisión; el ruido por la deformación de las paredes de la cámara de combustión durante la compresión, combustión y expansión; el ruido durante la combustión; el ruido provocado por las oscilaciones del motor sobre la suspensión; el ruido por golpes durante el trabajo de los mecanismos; el ruido por el funcionamiento de agregados del motor y el ruido durante el escape de los gases.

A continuación ofrecemos una comparación en cuanto a emisiones de ruidos entre diferentes fuentes para observar el desarrollo alcanzado por la firma de tractores alemana Fendt en la disminución de los niveles de ruido de sus tractores.

Tabla 1.2 Emisiones de ruido

Fuente de ruido	Niveles de emisión en db.
Auto de turismo de pasada	70-77
Tractor de pasada	77-85
Camión de pasada	80-90
Discoteca	90-110
Avión al despegar	110-130

Como se conoce la principal fuente de ruido de los vehículos en sentido general es el producido por el motor de combustión interna durante su funcionamiento. Para proporcionar al conductor un máximo de comodidad en la cabina es necesario tener en cuenta varios factores: el andar en la cabina, los niveles de ruido y la temperatura en la misma. Se considera que el nivel de ruido estándar actual en la cabina es de 90 db. medidos a 200 mm. desde el oído derecho del conductor; Persiguiéndose como objetivo final para el nivel de ruido dentro de la cabina el valor de 74 db.

En nuestro país no se realizan controles de los niveles de ruido de los MCI. Con mucha frecuencia percibimos el acercamiento de un vehículo determinado debido a los altos niveles de ruido que emiten sus MCI durante su funcionamiento, esto es provocado por la eliminación de los silenciadores con que están provistos dichos motores.

1.4. HÍBRIDOS DISPONIBLES EN ECUADOR

En nuestro mercado se dispone de los siguientes vehículos híbridos:

1.4.1. TOYOTA PRIUS HYBRID³



Figura 1.6 Toyota Prius

El Prius, equipado con el revolucionario sistema Hybrid Synergy Drive de Toyota produce una experiencia de conducción inolvidable, plena de suavidad y potencia, logrando unas emisiones de CO2 extraordinariamente bajas y un impresionante ahorro de combustible. En definitiva, el híbrido más eficiente y dinámico fabricado hasta la fecha.

El compromiso medioambiental de Prius empieza bastante antes de iniciar su conducción. Cada detalle ha sido cuestionado en su diseño; desde su fabricación, hasta su utilización y disposición final para asegurar que durante su ciclo de vida provoque el menor daño posible al planeta.

1.4.2. TOYOTA HIGHLANDER



Figura 1.7 Toyota Highlander

³ http://www.toyota.com.ec/HIBRIDOS/PRIUS_HIBRIDO/home_503.html

El Híbrido Highlander de 3.3 litros equipado con motor V6 está impulsado por una nueva versión del tren de propulsión de Conducción Híbrida Synergy de Toyota. El sistema fue específicamente desarrollado para satisfacer los requerimientos de manejo de carga de un SUV de tamaño medio.

El sistema presenta una batería de mayor capacidad que dará casi el doble de poder de la batería del Prius. Un motor eléctrico de alta velocidad totalmente nuevo operará al doble de velocidad y dará más del doble de potencia que el motor del Prius. Con un sistema combinado de aproximadamente 270 caballos de fuerza, el nuevo sistema mejorará la ya impresionante aceleración de cero a 60 en menos de ocho segundos del V6 Highlander.

1.4.3. CHEVROLET SILVERADO HYBRID⁴



Figura 1.8 Chevrolet Silverado Hybrid

La Chevrolet Silverado Hybrid combina la potencia de un motor Vortec V6 de 332 HP a 5100 rpm con un sistema de propulsión eléctrico paralelo conformado por dos motores eléctricos de 300 V. La versión 4WD como la de tracción simple tienen un rendimiento 30% mejor que otros vehículos similares equipados con motores V8 a gasolina y reducen su consumo en 50% en recorridos urbanos

⁴ <http://www.chevrolet.com.ec/vehiculos/modelos-showroom/camionetas/silverado-hybrid/caracteristicas.html>

1.4.4. CHEVROLET TAHOE HYBRID⁵



Figura 1.9 Chevrolet Silverado Hybrid

El nuevo Chevrolet Tahoe Hybrid combina la potencia de un motor Vortec V6 de 332 HP a 5100 rpm e inyección de combustible SFI con la conveniencia de un sistema de propulsión eléctrico paralelo conformado por dos motores eléctricos de 300 V. Los mismos están ubicados en el compartimiento de la transmisión, mientras que las baterías se alojan debajo de la segunda fila, reduce el consumo de combustible hasta un 40% menos frente a modelos no híbridos.

1.4.5. FORD FUSION HYBRID



Figura 1.10 Ford Fusion Hybrid

El Ford Fusion proporciona una incomparable economía de combustible en cuatro cilindros, más potencia y tecnologías exclusivas en su clase. El nuevo exterior le da al

⁵ <http://www.chevrolet.com.ec/vehiculos/modelos-showroom/todo-terreno/tahoe-hybrid/caracteristicas.html>

Fusion un aspecto que es al mismo tiempo más deportivo y más lujoso. El nuevo frente del vehículo, que incluye un potente cofre tipo domo, nuevas luces principales, coraza y un área mayor para luces de niebla mejoran la naturaleza deportiva del Fusion. Las mejoras aerodinámicas y los nuevos escudos debajo del vehículo a incrementan aún más la economía de combustible del Fusion.

1.4.6. FORD ESCAPE HYBRID⁶



Figura 1.11 Ford Escape Hybrid

Escape Hybrid es el primer vehículo que combina la capacidad de un todo terreno con el sobresaliente ahorro de combustible y el bajo impacto en el medio ambiente de un vehículo totalmente híbrido. Cuenta con cómodos asientos para cinco personas, una versátil zona de carga y una serie de comodidades en forma estándar y opcional. Además, se puede agregar capacidades como un Sistema 4WD inteligente que proporciona mejor tracción, ya sea que el camino esté cubierto por gravilla o hielo o mojado por la lluvia.

1.4.7. LEXUS RX 450H



Figura 1.12 Lexus RX 450h

⁶ <http://www.ford.com.ec/SUV&Crossovers/EscapeHybrid>

Al RX 450h le mueve la segunda generación de tecnología Lexus Hybrid Drive, proporcionando prestaciones espectaculares y una reducción de las emisiones considerable. El RX irradia un refinamiento dinámico y sofisticado en cada ángulo y proporciona el rendimiento asegurado y sin esfuerzo que se espera de un todo camino de lujo de Lexus.

Uno de los elementos que Lexus introduce es el denominado Remote Touch Control. Es el mando mediante el cual se manejan todas las funciones del navegador, el sistema de audio, el climatizador y configuración del vehículo. Por último, la versión más equipada, denominada President, cuenta con la posibilidad de equipar dos tipos de suspensiones, aquella que cuenta con estabilizadoras activas y la neumática autonivelante. Además añade al equipamiento intermedio el sistema de proyección de información sobre el parabrisas Head up Display y techo corredizo.

1.4.8. MERCEDES-BENZ S 400 HYBRID



Figura 1.13 Mercedes-Benz S 400 Hybrid

El S400 HYBRID es la variante "ecológica" del buque insignia de Mercedes-Benz. Este modelo se presentó en 2008, el sistema de propulsión comparte mecánica con el S350. Es un 3.5 V6 de 279 cv de potencia a 6.000 rpm. El torque máximo es de 385 Nm a 2.400 rpm. El motor eléctrico con baterías de iones de litio eroga 20 CV más, y en conjunto con el motor térmico, suma obviamente 299 CV. Esto sucede al activar la la función Boost, que permite utilizar a corto plazo la fuerza de los dos motores para

acelerar. El consumo es destacado: 7,9–8,2 l/100 km (ciclo mixto) y las emisiones de CO₂ son de 186–191 g/km (ciclo mixto).

1.5. COMPONENTES DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

1.5.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (M.C.I)⁷

El motor de combustión interna (o motor de explosión) es un mecanismo destinado a transformar la energía calorífica en trabajo. Es decir es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión, convirtiéndose en la parte principal de un motor.

1.5.1.1. FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento del motor de combustión interna se basa en: un pistón situado en un cilindro que se expande y contrae ejerciendo una fuerza. El líquido introducido dentro del cilindro es un derivado del petróleo (gasolina) al que, a continuación, se prende fuego. Al estar sometido a presión, el combustible no arde normalmente, sino que estalla. Esta explosión empuja el pistón hacia afuera, ejerciendo un trabajo. Posteriormente, entra nuevo combustible en el cilindro y se vuelve a comprimir para empezar de nuevo el ciclo.

Los motores comerciales se fabrican con varios cilindros, ya que este sistema permite obtener más potencia y ofrece menos problemas que los que plantea un motor provisto de un único cilindro de mayor tamaño. En este dispositivo, la posición de los cilindros se calcula para que, en un momento dado, cada uno se halle en un ciclo distinto, uno en admisión, otro en compresión, otro en explosión y otro en escape. De

⁷ http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_explosion.htm

este modo, se obtiene un funcionamiento más estable, sin vibraciones, y en el que cada cilindro, al hacer explosión, ayuda a los demás a moverse.

1.5.1.2. DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS

Los cilindros de un motor pueden estar dispuestos de varias formas, siempre en relación con su número y con las dimensiones del vehículo que deban impulsar. En el motor de los automóviles, se colocan generalmente en:

Línea, si van todos paralelos;

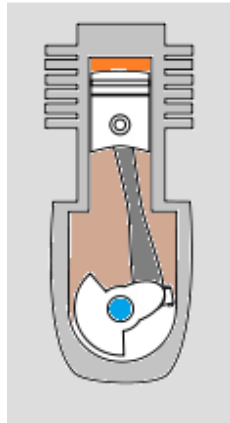


Figura 1.14 Motor en Línea

En v, si la mitad se halla inclinada en un pequeño ángulo con respecto a la otra mitad;

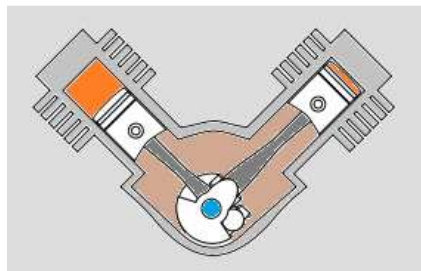


Figura 1.15 Motor en V

En Bóxer o contrapuestos, si unos se encuentran enfrentados a los otro

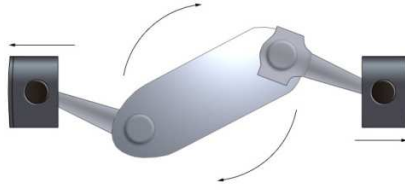


Figura 1.16 Motor Bóxer

Los automóviles normalmente tienen motores de combustión interna que rondan entre los 60 y 180 CV de potencia máxima. Esta potencia se requiere en situaciones particulares, tales como aceleraciones a fondo, subida de grandes pendientes con gran carga del vehículo y a gran velocidad. El hecho de que la mayoría del tiempo dicha potencia no sea requerida supone un despilfarro de energía, puesto que sobredimensionar el motor para posteriormente emplearlo a un porcentaje muy pequeño de su capacidad, sitúa el punto de funcionamiento en un lugar donde el rendimiento es bastante malo. Un vehículo medio convencional, si se emplea mayoritariamente en ciudad o en recorridos largos y estacionarios a velocidad moderada, ni siquiera necesitará desarrollar 20 caballos.

El hecho de desarrollar una potencia muy inferior a la que el motor puede dar supone un despilfarro por dos motivos: por una parte se incurre en gastos de fabricación del motor superiores a lo que requeriría realmente, y por otra, el rendimiento de un motor que pueda dar 100 caballos cuando da sólo 20 es muy inferior al de otro motor de menor potencia máxima funcionando a plena potencia y dando esos mismos 20 caballos. Este segundo factor es el principal responsable de que el consumo urbano de un mismo vehículo equipado con un motor de gran potencia consuma, en recorridos urbanos, muchísimo más que uno del mismo peso equipado con un motor más pequeño. En conclusión, el motor ha de ser el idóneo para el uso al que se destina.

Otro factor que penaliza el rendimiento brutalmente en recorridos urbanos es la forma de detener el vehículo. Ésta detención se realiza mediante un proceso tan ineficiente cómo es disipar y destruir la energía en forma de movimiento, energía cinética, que lleva el vehículo para transformarla en calor liberado inútilmente al ambiente



Figura 1.17 Motor Vehículo Híbrido

Sin embargo, tampoco parece razonable limitar la potencia máxima de un motor en demasía en pro de conseguir excelentes consumos, puesto que en ciertas ocasiones es estrictamente necesario disponer de potencia para determinados esfuerzos tan puntuales como inevitables, tales como adelantamientos y aceleraciones en pendiente. He aquí donde el sistema híbrido toma su mayor interés. Por una parte combina un pequeño motor térmico, suficiente para el uso en la inmensa mayoría de las ocasiones, de buen rendimiento y por tanto bajo consumo y emisiones contaminantes, con un sistema eléctrico capaz de realizar dos funciones vitales.

Por una parte desarrolla el suplemento extra de potencia necesario en contadas, pero inevitables, situaciones como las anteriormente citadas. Por otra, no supone en absoluto ningún consumo extra de combustible. Al contrario, supone un ahorro, puesto que la energía eléctrica es obtenida a base de cargar las baterías en frenadas o retenciones del vehículo al descender pendientes, momentos en los que la energía cinética del vehículo se destruiría (transformaría en calor irrecuperable para ser más exactos) con frenos tradicionales. Además, no sólo aporta potencia extra en momentos de gran demanda de ésta, sino que posibilita emplear solo la propulsión eléctrica en arrancadas tras detenciones prolongadas (semáforos por ejemplo) o aparcamientos y mantener el motor térmico parado en éstas situaciones en las que no es empleado, o se requiere de él una potencia mínima, sin comprometer la capacidad para retomar la marcha instantáneamente. Esto es posible porque tiene la capacidad de arrancar en pocas décimas de segundo el motor térmico en caso de necesidad.

Además de la altísima eficiencia, la posibilidad de emplear los motores eléctricos, exclusivamente, durante un tiempo permite evitar la producción de humos en situaciones molestas, como por ejemplo en garajes.

1.5.2. MOTO GENERADORES

1.5.2.1. GENERADOR

El generador es el elemento que transforma en electricidad el trabajo del motor térmico; también funciona como motor de arranque del motor térmico. Es de corriente alterna síncrono y como máximo gira al doble de régimen que el motor térmico.

1.5.2.2. MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico lo fabrica Toyota. Es un motor síncrono de imanes permanentes de neodimio. Funciona a 500 V y puede dar 50 kW entre 1.200 y 1.540 rpm. Su par máximo es 400 Nm hasta 1.200 r.p.m.

Pesa 104 kg y según Toyota no hay otro motor eléctrico en el mundo (en ningún sector de la industria) que dé más potencia con menos tamaño y peso que éste. Dado el desarrollo de transmisión que tiene el coche y su velocidad máxima (170 km/h), el régimen máximo del motor eléctrico es unas 6.150 r.p.m.

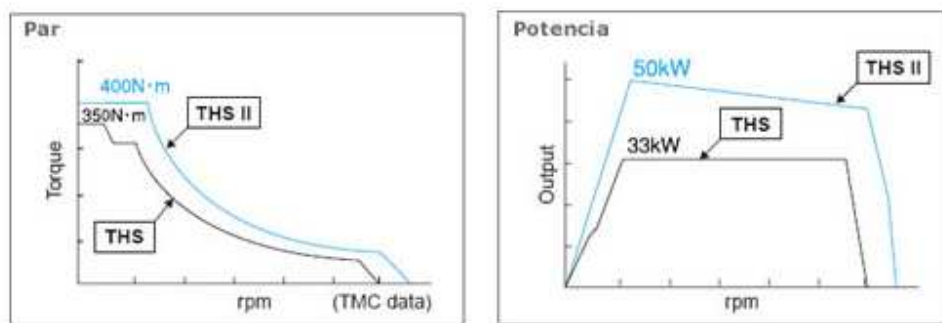


Figura 1.18 Curvas de par y potencia del motor eléctrico

En el caso de Toyota trabaja con dos moto-generadores MG1 y MG2 cada uno de estos cumple con una función específica. La corriente Alterna es lograda gracias a la electrónica del Inversor, el MG1 se encarga de generar carga que se distribuye entre la batería y el MG2, El MG2 se encarga de alternar con el motor de combustión interna el movimiento del vehículo, en marcha hacia adelante y marcha hacia atrás (Reversa), toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema Híbrido ECU HV.

Como estrategia importante por parte del motor MG2 está la de funcionar como generador de corriente para restablecer carga de la batería. En el caso de Mg2 solo lo

realiza en el frenado lo que se le conoce como sistema de freno Regenerativo, es decir cuando al vehículo comienza a bajar velocidad el motor generador MG2 toma energía cinética de la disminución de velocidad y la transforma en energía eléctrica que luego mediante el sistema inversor va a la batería de alto voltaje HV.

Esto crea gran eficiencia al sistema puesto que esta energía que antes era perdida en fricción en las pastillas de freno es aprovechada como carga a la batería, de todas formas el vehículo cuenta con un sistema hidráulico de frenado que opera de forma paralela similar a cualquier vehículo con sistema ABS, solo que en este caso en particular también incorpora control electrónico de la presión de frenado EBD

Para el arranque del motor de combustión interna existe varias estrategias que incorporan los Moto Generadores, puesto que no se cuenta con un motor de arranque convencional, en estado detenido el arranque lo maneja el Moto Generador 1, y en movimiento del vehículo se logra por una unión de los dos MG1 y MG2, todos los movimientos del vehículo son posibles por la acción de un sistema de transmisión continua que incorpora un eficiente sistema de Engranajes Planetarios que relaciona el movimiento del vehículo con el Motor de combustión interna los Moto Generadores MG1 y MG2.

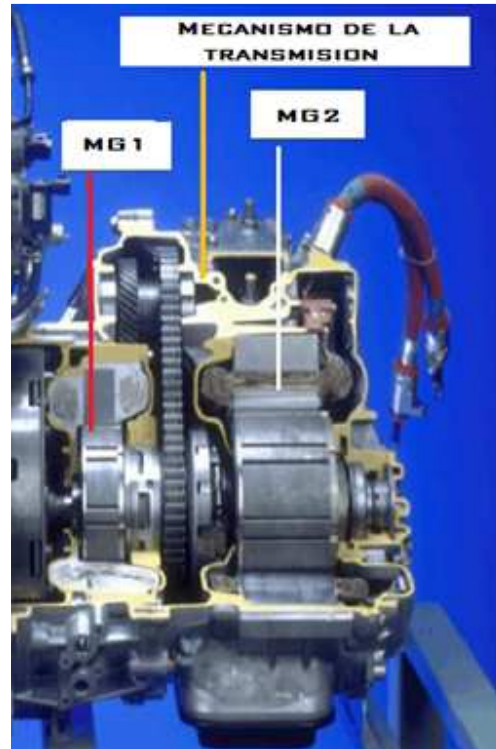


Figura 1.19 Moto generadores

1.5.3. INVERSOR

Este componente es parte fundamental del vehículo Híbrido, incorpora una gran cantidad de elementos electrónicos y eléctricos pero toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema Híbrido ECU HV, esta última se encarga de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos los DTC. El inversor se encarga de transformar y administrar el flujo de electricidad entre la batería y el motor eléctrico. Además posee un convertidor integrado que envía parte de la electricidad del sistema a la batería auxiliar de 12 V.

El inversor se encarga de las siguientes funciones:

- Convierte los 201,6 V DC (corriente continua) que entrega la batería HV en 201,6 V AC trifásica (corriente alterna). Multiplica estos 201,6 V AC trifásica hasta un máximo de 500 V AC trifásica. al motor y al generador eléctricos del THSD
- Convierte los 201,6 V DC en 201,6 V AC para el compresor eléctrico del aire acondicionado.
- Convierte los 201,6 V DC en 12V DC y 100 A. para recargar la batería de 12V, dada la ausencia de alternador y alimentar a los demás elemento eléctricos del vehículo (luces, audio, ventiladores, etc.).
- Permitir el control de los Moto Generadores MG1 - MG2 con un circuito constituido en su interior, que toma la tensión de la batería de alto voltaje HV la cual se encuentra en 220 V DC aproximadamente y mediante un circuito de potencia genera una corriente alterna en tres fases que permita el movimiento de los motores eléctricos
- Permitir el movimiento del Moto Generador 1 MG1 en condición de arranque para el motor de combustión interna, esto especialmente en el momento que se genere un consumo de la batería de alta tensión HV.



Figura 1.20 Inversor

Dadas las condiciones normales de operación en el vehículo este elemento requiere evacuar calor, para esto cuenta con un sistema independiente de refrigeración por agua con una bomba eléctrica adicional, todo esto para permitir que la electrónica cuente con la seguridad necesaria para su óptimo desempeño.



Figura 1.21 Conductos de refrigeración en el interior del Inversor

1.5.4. BATERÍA DE ALTA TENSIÓN

La batería de alta tensión provee un voltaje de 220 V en las versiones más modernas, y voltajes mayores para versiones anteriores del Prius, y lógicamente estos valores cambian dependiendo del fabricante, este voltaje en el caso del Prius proviene de un paquete de 14 baterías en serie.

Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 V cada una y están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 paquetes de baterías de 15,78V cada una y a su vez están conectadas todos estos 14 paquetes en serie para generar un total de 220 Voltios.

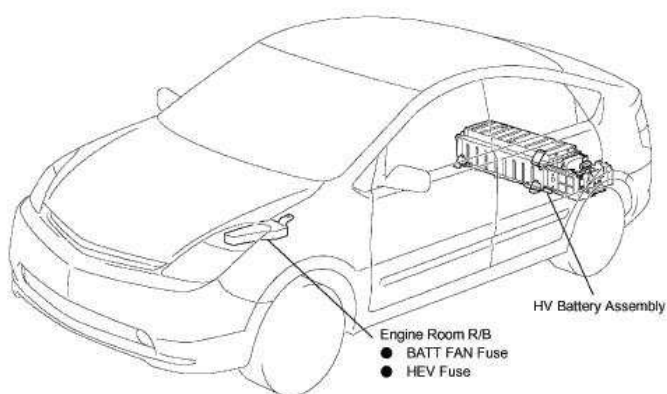


Figura 1.22 Ubicación Batería de Alta tensión

Este voltaje es entonces el que a continuación será utilizado en los motores trifásicos que son el moto-generador MG1, el moto-generador MG2 y el motor del aire acondicionado. Este voltaje requiere ser también restablecido y monitoreado constantemente por la ECU de la batería, adicionalmente la batería debe mantenerse a temperatura que no ocasione problemas.



Figura 1.23 Batería de Alta tensión

El paquete completo de batería posee 3 o 4 sensores de temperatura (termistores) que llevan información a la ECU de la Batería de la temperatura a la que se encuentra la batería (un sensor superior y dos inferiores). Adicionalmente las baterías poseen un sistema de desfogue de vapores para evitar que los vapores de la batería salgan y formen depósitos en las partes eléctricas y electrónicas cercanas, y también un sistema de ventilación que circula alrededor de la batería completa envolviéndola con aire y posibilitando su enfriamiento. Los 3 sensores de temperatura de la batería se encuentran en la parte inferior del conjunto de la batería HV. La resistencia del termistor, que está integrada en cada sensor de temperatura de la batería, varía de acuerdo con los cambios de temperatura del conjunto de la batería HV. Cuanto más baja sea la temperatura de la batería, más alta será la resistencia del termistor. A su vez, mientras más alta sea la temperatura, más baja será la resistencia



Figura 1.24 Cubierta Batería de Alta tensión

1.5.5. TRANSMISIÓN

En el caso de Toyota que denomina a la transmisión utilizada en el Prius como “Power Split Device”. Esta transmisión no tiene una caja de cambios convencional con distintos engranajes, ni una caja automática de variador continuo con correa. Este vehículo dispone de un "engranaje planetario" para transmitir el movimiento a las ruedas. No tener una caja de cambio normal aporta ventajas notables y especialmente necesarias en un coche como éste: menos peso, más espacio y menos pérdidas por rozamiento.

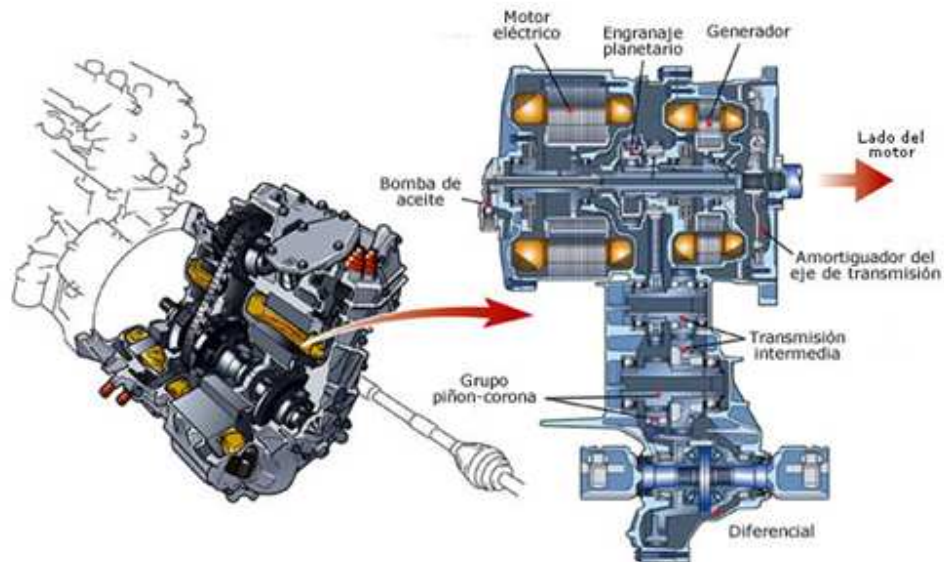


Figura 1.25 Esquema interno de la transmisión

Dado que el motor funciona siempre casi a plena carga y con un margen de revoluciones no muy amplio, hacía falta algo para que (en esas condiciones) valiera igual para arrancar en marcha lenta y para ir a gran velocidad. Ese algo es el engranaje planetario, que tiene tres elementos: un «planeta» o engranaje central; unos «satélites» que giran alrededor de él; y una «corona» con un dentado interior a la cual también están engranados los satélites.

El engranaje planetario utilizado en esta transmisión une cada uno de sus componentes:

- Engranaje central o "planetario" está unido al generador eléctrico.
- El portasatélites está unido al motor térmico.
- La corona está unida al motor eléctrico.

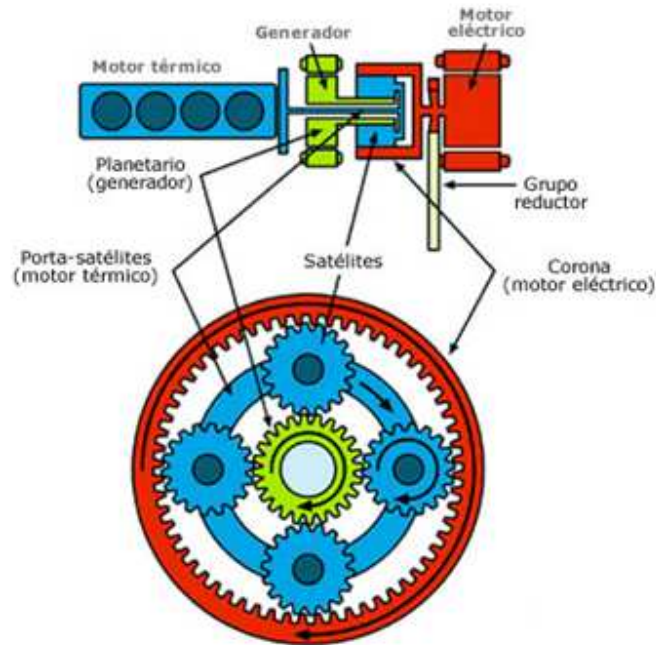


Figura 1.26 Engranaje Planetario

A uno de estos elementos está engranado el motor térmico, al otro un generador eléctrico y el otro es solidario con las ruedas del coche. La clave del sistema es que el giro del generador eléctrico puede ser mayor o menor, en función de la resistencia que oponga. Si es preciso un desarrollo corto, el generador eléctrico opone una gran resistencia al movimiento. A consecuencia de ello «roba» fuerza al motor térmico y la envía al motor eléctrico, que también impulsa a las ruedas. La fuerza que va a parar al motor es finalmente la misma, si no entran en juego las baterías. Pero, mediante este método, el engranaje epicicloidal tiene el desarrollo corto que hace falta (por ejemplo para arrancar) y largo para alcanzar una velocidad alta, a igualdad de régimen del motor.

A medida que el coche gana velocidad, el generador eléctrico opone menos resistencia y su giro aumenta. A causa de ello, el desarrollo se hace más largo. Si las baterías no intervienen en la aceleración, toda la fuerza de la que dispone el coche

parte del motor térmico. Pero puede llegar a las ruedas bien a través del motor eléctrico, alimentado por el generador, o bien directamente a través del motor térmico, si el generador no actúa

La corona del engranaje planetario está solidariamente unida a las ruedas delanteras del coche, a través de un diferencial con grupo 4,113 a 1. Esa relación de 4,113 a 1 da un desarrollo de 27,6 km/h cada 1.000 r.p.m. del motor eléctrico. Si el coche puede salir desde parado con una marcha tan «larga», es porque —hasta unos 25 km/h— el par que puede generar el sistema de propulsión es unos 480 Nm. Como en cualquier otro coche, la transmisión multiplica ese par (en este caso por 4,113).

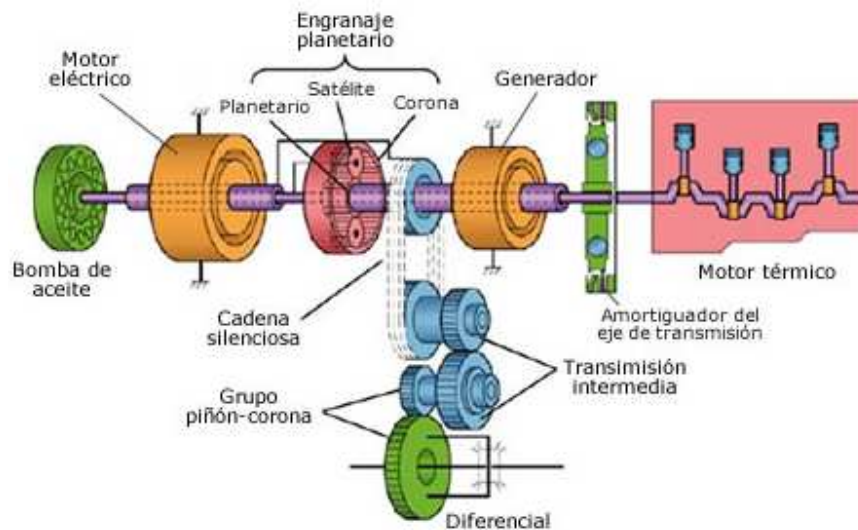


Figura 1.27 Componentes del sistema de transmisión

Por razones de espacio, la transmisión de par entre la corona y el diferencial se hace mediante una cadena de transmisión y dos pares de engranajes (figura inferior).



Figura 1.28 Pares de engranajes

Siempre que el coche está en movimiento, la corona del engranaje planetario también se mueve. La fuerza para moverse proviene del motor eléctrico directamente o del empuje que le da el motor térmico. Cuanto más lenta es la velocidad del coche, tanto mayor fuerza proviene del motor eléctrico. Cerca de la velocidad máxima, toda la fuerza proviene del motor térmico.

Estos son algunos ejemplos del funcionamiento del sistema:

* El coche se mueve sólo con la energía de la batería. Un régimen del motor eléctrico distinto de cero indica que el coche está en marcha. El motor térmico está parado y el generador funciona en sentido inverso, sin producir corriente.

* El coche está parado y el motor térmico está recargando la batería. Si el coche está parado y la batería llega al límite tolerado de descarga, el motor térmico se pone en marcha. El generador ofrece par resistente y por eso genera una energía que se destina a recargar la batería.

* El coche está avanzado a velocidad constante. En este caso, el coche se está desplazando porque el portasatélites (motor térmico) empuja a la corona (motor eléctrico) mientras el que planeta está detenido (generador). En estas condiciones la propulsión es enteramente mecánica, aunque se realice (también mecánicamente) a través del motor eléctrico.

* El coche acelera fuertemente. Cuando el coche está en marcha y el conductor pisa el acelerador, el generador se pone en marcha. En ese caso, la fuerza con que el motor eléctrico impulsa a las ruedas procede de tres fuentes simultáneamente: una, el motor térmico mueve al generador que a su vez alimenta al motor eléctrico. Dos, el motor térmico impulsa mecánicamente al motor eléctrico. Tres, la batería suministra electricidad al motor eléctrico.

Hay otras condiciones de funcionamiento posibles, pero en cualquiera de ellas el principio de funcionamiento es el mismo. La energía que suministra el generador no depende sólo de su giro. El sistema puede variar o eliminar completamente el par resistente del generador para adecuar la energía que genera a cada condición de funcionamiento.

Esta transmisión no dispone de marcha atrás, de esta función se encarga el motor eléctrico que puede girar en ambos sentidos, por lo tanto la marcha atrás se hará siempre con el motor eléctrico, para esta función no se utiliza el motor térmico.

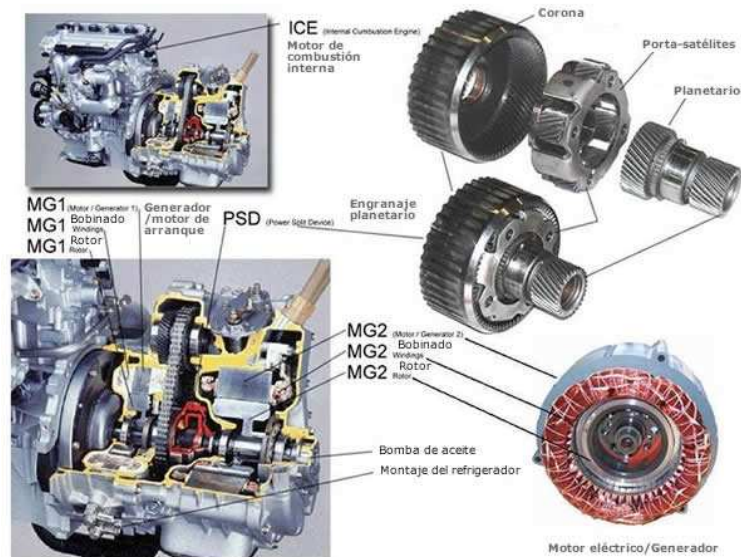


Figura 1.29 Conjunto de la transmisión

1.5.6. FRENO REGENERATIVO

El sistema de frenado regenerativo funciona cuando queremos disminuir la velocidad del vehículo, utilizando el motor térmico como freno o bien pisando el pedal de freno. En esta situación el motor eléctrico funciona como un generador, convirtiendo la energía cinética del vehículo en energía eléctrica, la cual se usa para cargar las baterías.

Este sistema es particularmente efectivo en recobrar energía cuando se circula por ciudad, donde se producen aceleraciones y deceleraciones frecuentes. Cuando se pisa el pedal de freno, el sistema controla la coordinación entre el freno hidráulico del ECB (Electronic Control Braking) y el freno regenerativo y preferentemente usa el freno regenerativo, por consiguiente recobrando energía aun en las velocidades inferiores del vehículo.

Con este sistema se consigue una regeneración de energía muy eficiente. En la gráfica inferior se ve como se ha mejorado el sistema de frenado regenerativo en el THS II con respecto a la versión inicial (THS).

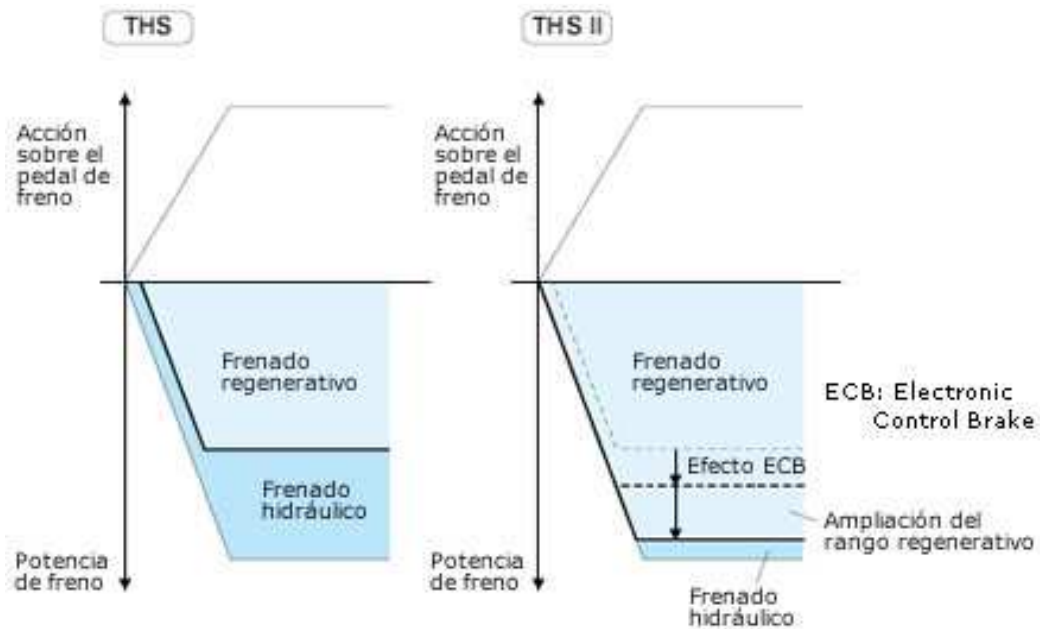


Figura 1.30 Curvas comparativas del Frenado Regenerativo

Las pérdidas por rozamiento en la transmisión son mínimas ya que el movimiento de las ruedas se transmite a través del diferencial y los engranajes intermedios al motor eléctrico que se convierte en este caso en generador.

El sistema de frenado regenerativo consigue recuperar un 65% de la energía eléctrica que carga las baterías.

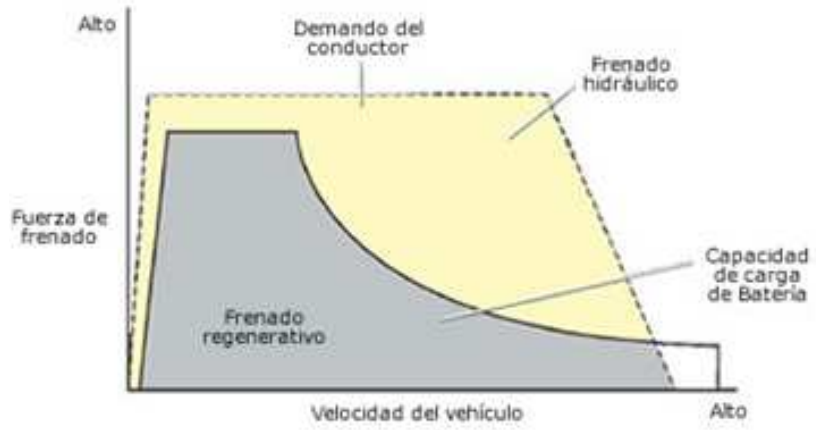


Figura 1.31 Curva del frenado regenerativo y el frenado hidráulico

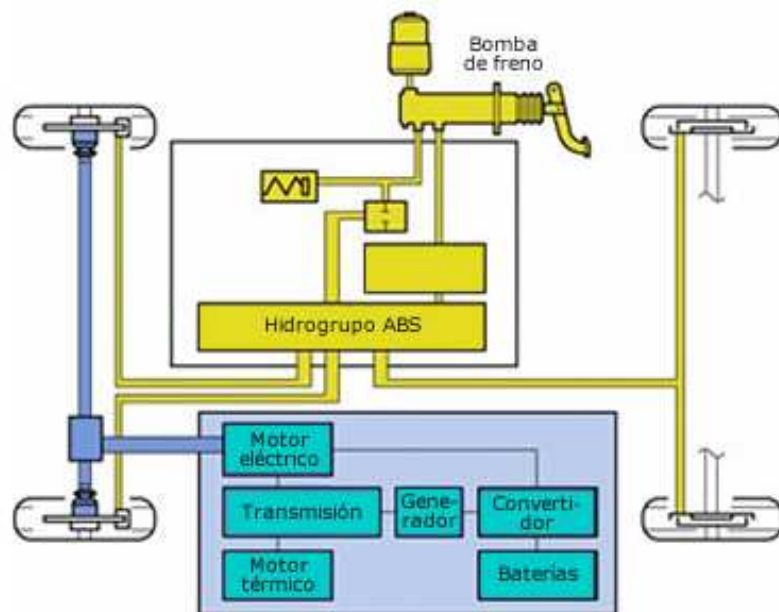


Figura 1.32 Esquema del freno regenerativo

CAPÍTULO II

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN

2.1. TIPOS DE HÍBRIDOS

Los híbridos son clasificados por la división de poderes entre las fuentes, ambas fuentes pueden funcionar en paralelo para proporcionar al mismo tiempo de aceleración, o pueden operar en serie con una fuente exclusivamente proporcionando la aceleración y el segundo se utiliza para aumentar la reserva de la primera potencia. Las fuentes también se puede utilizar tanto en serie y en paralelo cuando sea necesario, el vehículo que está siendo impulsado principalmente por una fuente, la segunda es capaz de proporcionar una aceleración adicional directa si es necesario.

2.1.1. HÍBRIDOS EN SERIE

Utilizan el Motor de Combustión Interna acoplado a un generador, el que produce electricidad para el motor eléctrico que acciona el giro de las ruedas. Es llamado híbrido en serie pues el flujo de energía se mueve en línea directa. Al estar el MCI desacoplado de la tracción, es posible que opere a una velocidad constante en una vecindad próxima a su punto óptimo de operación en términos de eficiencia y emisiones, mientras carga la batería.

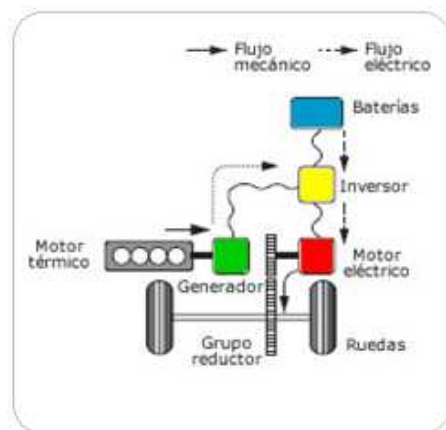


Figura 2.1 Estructura de un vehículo híbrido en serie

En un vehículo híbrido en serie de carretera típico la configuración puede ser más pequeña y más ligero que el equivalente mecánico convencional de transmisión de energía. Como el generador de combustión sólo requiere de cables para los motores de conducción eléctrica, existe una mayor flexibilidad en el diseño de los componentes principales repartidos en el vehículo dando la distribución del peso y el espacio superior de la maximización de los vehículos de la cabina. Esta flexibilidad puede dar lugar a superiores diseños de vehículos.

El uso de un motor que impulsa una rueda directamente elimina los elementos de transmisión mecánica convencional: caja de cambios, ejes de transmisión y diferencial, y en ocasiones puede eliminar acoplamientos elásticos. Esto ofrece una gran sencillez.

Un Híbrido en serie se rige por la tracción eléctrica. A diferencia de los motores de pistón de combustión interna, los motores eléctricos son eficientes con la energía excepcionalmente elevada relación entre el peso proporcional, torque adecuado sobre un amplio rango de velocidad. En resumen, un híbrido en serie es sencillo, el vehículo es conducido por un motor eléctrico con un grupo electrógeno que proporciona la energía eléctrica.

Los híbridos en serie modernos contienen:

- Tracción eléctrica con sólo uno o más motores eléctricos para conducir el vehículo.
- Motor de combustión que se convierte solamente en generador.
- Un generador se convirtió en el motor de combustión para formar un grupo electrógeno que también actúa como un motor de arranque.
- Un banco de baterías que actúa como un amortiguador de energía.
- El frenado regenerativo

- El sistema puede ser conectado a la red eléctrica para recargar las baterías.

Una desventaja del sistema es que la energía debe ser convertida varias veces, siendo la eficiencia mecánica entre el MCI y el eje de tracción difícilmente superior al 55% (esto incluye la eficiencia de almacenamiento de la batería). Otra desventaja es que requiere un motor más grande y pesado que en el sistema en paralelo.

2.1.2. HÍBRIDOS EN PARALELO

Los sistemas híbridos en paralelo, son los más comúnmente producidos en la actualidad, tienen tanto un motor de combustión interna y un motor eléctrico conectado a una transmisión mecánica. Es llamado híbrido en paralelo pues la energía fluye en líneas paralelas.

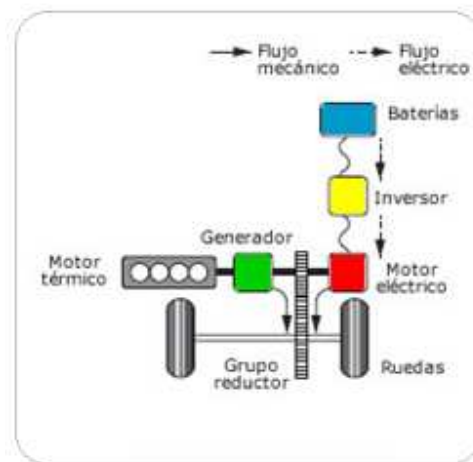


Figura 2.2 Estructura de un vehículo eléctrico híbrido paralelo

La mayoría de los diseños combinan un gran generador eléctrico y un motor en una sola unidad, a menudo situado entre el motor de combustión y la transmisión, la sustitución de la del motor convencional motor de arranque y el alternador. Para almacenar la energía, un híbrido utiliza una batería de gran tamaño con una tensión superior a la normal del automóvil de 12 voltios. Los accesorios tales como la dirección asistida y aire acondicionado son impulsados por motores eléctricos en lugar de estar unido a los motores de combustión. Esto permite una mayor eficiencia,

los accesorios pueden correr a una velocidad constante, independientemente de la velocidad del motor de combustión está en marcha.

Aunque mecánicamente más complejo, este método evita las pérdidas inherentes a la conversión de energía mecánica en eléctrica que se da en los híbridos en serie. Además como los picos de demanda de potencia le corresponden al motor de combustión interna, las baterías pueden ser mucho menores.

El motor a gasolina entra en funcionamiento cuando el vehículo necesita más energía. Y al detenerse, el híbrido aprovecha la energía normalmente empleada en frenar para recargar su propia batería (frenado regenerativo).

Los Híbridos en paralelo pueden clasificarse en cuatro tipos según la forma que estén equilibradas las diferentes partes para proporcionar la fuerza motriz:

Combinación de fuerzas de tracción: el torque producido en cada motor es entregado a distintos pares de ruedas, por ejemplo, el motor eléctrico entrega torque a las ruedas traseras, mientras que el segundo motor entrega torque al tren delantero.

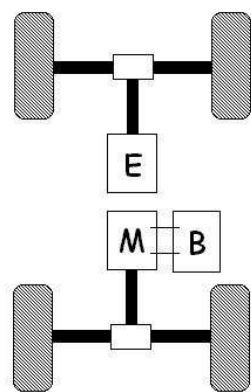


Figura 2.3 Fuerzas de tracción

Combinación de torques: el torque de ambos motores es combinado mediante un arreglo de ejes antes de ser aplicado a la transmisión

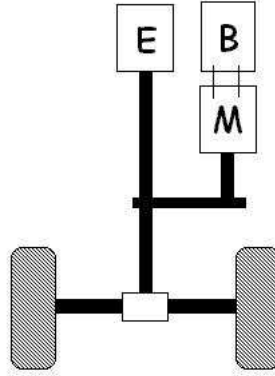


Figura 2.4 Combinación de Torques

Combinación de torque en el eje: el torque de ambos motores es combinado en un mismo eje antes de ser aplicado a la transmisión

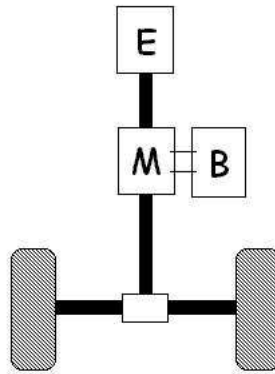


Figura 2.5 Torque en el eje

Combinación de velocidades: ambos motores funcionan a velocidades distintas, y sus torques son acoplados en una compleja caja de engranajes antes de la transmisión.

Dentro de los vehículos híbridos "paralelos" también podemos distinguir dos arquitecturas: los que usan un generador independiente para cargar las baterías, o los que aprovechan el motor eléctrico para funcionar también como generador.

Con generador independiente: su inconveniente es que tiene más componentes, el generador, el conversor de corriente alterna a corriente continua y la transmisión ente el motor térmico y el generador por lo que será más pesado y caro. Sin embargo tiene la ventaja que el generador al estar diseñado para funcionar sólo como generador, será más eficiente que el motor funcionando como generador.

Usando el motor eléctrico como generador: se disminuye el número de componentes, pero puede disminuir el rendimiento.

2.1.3. HÍBRIDOS MIXTOS

El híbrido mixto o serie-paralelo incorpora dispositivos de reparto de potencia teniendo en cuenta las rutas de alimentación del motor a las ruedas que puede ser mecánico o eléctrico. El principio fundamental detrás de este sistema es la disociación de la potencia suministrada por el motor (o la principal fuente de otro tipo) de la potencia demandada por el conductor.

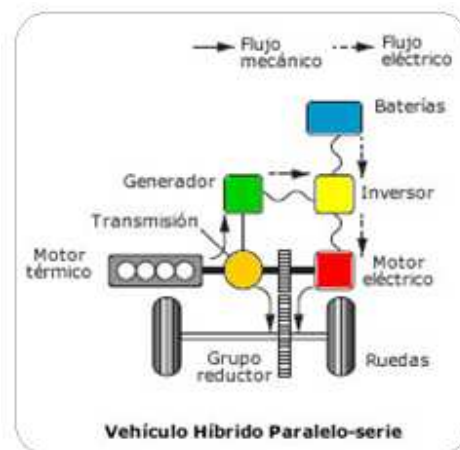


Figura 2.6 Estructura de un híbrido Mixto

A la salida de par motor de combustión es mínimo, a bajas revoluciones y, en un vehículo convencional, un motor más grande es necesario para la aceleración aceptable desde el punto muerto. El motor más grande, sin embargo, tiene más poder que necesitan para la velocidad de crucero constante. Un motor eléctrico, por el

contrario, exhibe un par máximo en reposo y es muy adecuado para complementar la deficiencia de torsión del motor a bajas revoluciones. En un híbrido de energía-split, un motor más pequeño, menos flexible y altamente eficiente, se puede utilizar.

2.1.4. TIPOS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS SEGÚN EL GRADO DE HIBRIDACIÓN

2.1.4.1. HÍBRIDOS COMPLETOS O FUERTES

Un híbrido completo, a veces también se llama un híbrido fuerte, es un vehículo que puede funcionar con sólo el motor, sólo las baterías, o una combinación de ambos



Figura 2.7 Compartimiento del motor de un Mariner Hybrid 2006

2.1.4.2. LOS HÍBRIDOS SUAVES

Vehículos híbridos suaves son esencialmente convencionales con algún grado de hardware híbrido, pero con un uso de característica híbrida limitado. Por lo general son un sistema paralelo con start-stop sólo o posiblemente en combinación con niveles modestos de ayudar al motor o de frenado regenerativo. Híbridos suaves en general, no puede proporcionar ICE-OFF completamente el movimiento mediante un sistema eléctrico.



Figura 2.8 Compartimiento del motor de un vehículo Híbrido.

2.2. CICLOS DE FUNCIONAMIENTO

Para el funcionamiento del motor de combustión interna los fabricantes se basan en el tradicional Ciclo Otto y el ya conocido pero menos utilizado Ciclo Atkinson, cada uno dependiendo del fabricante.

2.2.1. CICLO OTTO

El ciclo Otto es el ciclo termodinámico ideal que se aplica en los motores de combustión interna. Se caracteriza porque todo el calor se aporta a volumen constante.

En la figura vemos el ciclo teórico de un motor Otto en un diagrama P-V. El motor se caracteriza por aspirar una mezcla aire-combustible (típicamente gasolina dispersa en aire). El motor Otto es un motor alternativo. Esto quiere decir de qué se trata de un sistema pistón-cilindro con válvulas de admisión y válvulas de escape.

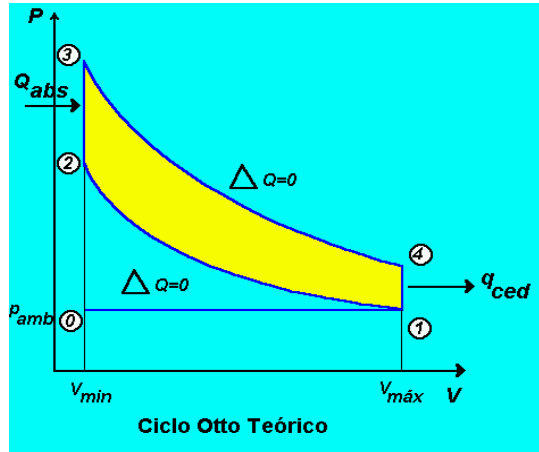


Figura 2.9 Diagrama P - V

El ciclo consta de cuatro procesos:

- 1-2: Compresión adiabática.
- 2-3: Ignición, aporte de calor a volumen constante. La presión se eleva rápidamente antes de comenzar el tiempo útil.
- 3-4: Expansión adiabática o parte del ciclo que entrega trabajo.
- 4-1: Escape, cesión del calor residual al medio ambiente a volumen constante.



Figura 2.10 Motor cuatro tiempos

2.2.2. CICLOS DE FUNCIONAMIENTO MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

2.2.2.1. PRIMER TIEMPO: ADMISIÓN

La primera etapa del ciclo Otto, la de admisión, queda representada. Empieza cuando el pistón está colocado en la parte superior del cilindro. Con la válvula de escape cerrada y la admisión abierta, el pistón se mueve hacia abajo provocando la admisión al producirse un vacío parcial en el interior del cilindro. La presión atmosférica, por ser mayor que la que existe en el interior del cilindro, hace que entre aire por el carburador, donde se mezcla en proporciones adecuadas con el combustible. Esta mezcla pasa por el tubo de admisión múltiple al interior del cilindro.

Cuando el pistón llega al punto muerto inferior (PMI) la presión en el interior del cilindro sigue siendo algo menor que la presión atmosférica exterior y la mezcla continua entrando en el cilindro. La válvula de admisión sigue abierta mientras que el pistón inicia el movimiento hacia arriba hasta que la posición de la leva hace que la válvula se cierre. La distancia que recorre el pistón hacia arriba hasta que cierra la válvula es realmente muy pequeña.

2.2.2.2. SEGUNDO TIEMPO: COMPRESIÓN

La compresión en un motor de 4 tiempos, sigue inmediatamente la admisión. Ambas válvulas están cerradas y la mezcla de combustible queda en el cilindro que ahora está cerrada. El pistón al moverse hacia arriba dentro del cilindro comprime la mezcla combustible al terminar esta etapa el pistón ha completado dos movimientos, uno hacia abajo y el otro hacia arriba y el cigüeñal un círculo completo o sea 360°.

2.2.2.3. TERCER TIEMPO: EXPLOSIÓN

Cuando el pistón ha llegado al punto muerto superior (PMS) la mezcla combustible que entró al cilindro durante la admisión ha quedado comprimida. En este momento del ciclo dicha carga combustible se inflama por medio de una chispa producida por

la bujía y se verifica la combustión. Debido al calor generado por la combustión, (aproximadamente de 4000 a 4500 °C igual a 2204 menos 2491°C). Se expanden los gases y se produce una alta presión en el interior del cilindro. Esta presión actúa en forma de “de empuje” contra la cabeza del pistón, obligando a bajar, como se ve, lo que constituye la transmisión de la energía al cigüeñal en forma de fuerza de torsión o rotatoria.

2.2.2.4. CUARTO TIEMPO: ESCAPE

Cuando el pistón se acerca al punto muerto inferior (PMI) la posición que corresponde al fin de la energía, la válvula de escape, se abre disminuyendo la presión en el interior del cilindro. Esta válvula permanece abierta mientras el pistón se mueve hacia arriba, hasta que llega al punto muerto superior (PMS). Cuando el pistón alcanza la posición más alta se cierra la válvula de escape. En la mayoría de los motores la válvula de escape se cierra poco después de alcanzado el punto muerto superior (PMS), antes de que el pistón llegue a la parte superior en la admisión empieza a abrirse la válvula de admisión, esta permite que esté abierta totalmente cuando el pistón baja de nuevo para iniciar la admisión siguiente.

Para mejorar el llenado del cilindro, también se utilizan sistemas de sobrealimentación, una de las formas llegar a una sobre alimentación bien "equilibrada" (ya que la mezcla de nafta y aire tiene que ser justa para una buena combustión) es poniendo un filtro de aire de admisión directa que hace que no haya excedentes de nafta en la cámara de compresión ya que los filtros convencionales frenan mucho el aire.

2.2.2.5. EFICIENCIA

La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros, la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende de la relación de compresión, proporción entre los

volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano. Una relación de compresión baja requiere un octanaje bajo para evitar los efectos de detonación del combustible, es decir, que se produzca una auto ignición del combustible antes de producirse la chispa en la bujía. De la misma manera, una compresión alta requiere un combustible de octanaje alto para evitar el mismo problema. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica.

2.2.3. CICLO ATKINSON

En 1882 James Atkinson diseñó un motor basado en el de ciclo Otto, se diseñó para saltarse la patente que protegía al motor de cuatro tiempos. No pasó de ser una anécdota histórica, pero el ciclo en el que se basa se ha rescatado en los últimos años para los híbridos.

El ciclo Atkinson puede usarse en una máquina rotativa. Este tipo de máquina retiene una fase de potencia por revolución, junto con los diferentes volúmenes de compresión y de expansión, del ciclo original Atkinson. Los gases de escape se expelen de la máquina por aire comprimido. Esta modificación del ciclo Atkinson permite el uso alternativo de combustible tipo Diesel e hidrógeno.

Funcionamiento: En algunos motores a gasolina del dispositivo HSD (Hybrid Synergy Drive) se aplicó el ciclo Atkinson, que consiste en que los tiempos de admisión, compresión, expansión y escape se produzcan en la misma vuelta del cigüeñal, no en dos vueltas como en el Ciclo Otto, con un diseño especial de este elemento para que la relación de expansión difiera de la relación de compresión. Pero en la actualidad, lo que se define como Ciclo Atkinson, es una variante del Ciclo

Otto, en la cual la carrera de expansión resulta más larga que lo común, manteniendo las válvulas abiertas para que se produzca un reflujo en los conductos de aspiración, y de esa manera aumenta la relación de compresión.

Entonces, tal como en el motor Atkinson original, la relación de compresión es distinta a la de admisión. El calor generado por la ignición del combustible incrementa la presión, y por ello fuerza el movimiento del pistón, expandiendo el volumen del aire más allá del inicio de la compresión del siguiente ciclo. La meta de los motores que hoy en día aplican el Ciclo Atkinson es permitir que la presión en la cámara de combustión al final de la carrera del pistón sea igual a la presión atmosférica. Cuando ello ocurre, toda la energía disponible ha sido lograda por el proceso de combustión. Además, la mayor relación de expansión permite que una mayor cantidad de energía pueda ser convertida en calor, lo que en términos mecánicos significa que el motor es más eficiente.

La desventaja que brinda el motor de Ciclo Atkinson, es que entrega menor potencia, ya que con la modificación en el tiempo de compresión, no hay tanto aire como un motor semejante de Ciclo Otto. Pero, al menos en la aplicación de este tipo de soluciones en motores híbridos, esa falta de potencia se compensa el plus que aporta el motor eléctrico.

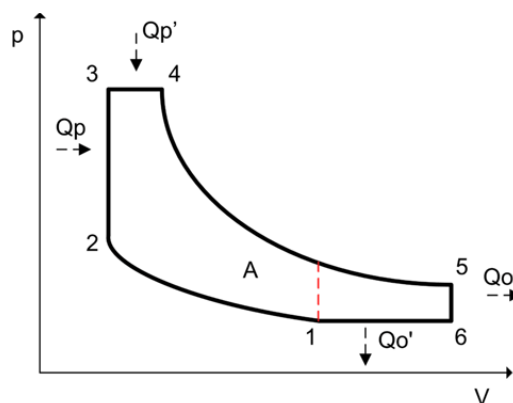


Figura 2.11 Diagrama Presión – Volumen Ciclo Atkinson

Este es el diagrama presión-volumen del ciclo Atkinson. Se produce un mayor aporte de calor a volumen constante en Q_p y otro en Q_p' , mientras que el calor residual cedido por los gases de escape se descompone en Q_o y Q_o' .

Por tanto el ciclo es más eficiente, ya que consigue relaciones más altas de compresión. La gasolina, cuando se encuentra muy comprimida tiende a detonar antes, lo cual no interesa. Pero si se logra una alta relación de compresión, el rendimiento termodinámico es superior.



Figura 2.12 Motor Ciclo Atkinson

Los motores con mayores relaciones de compresión necesitan gasolina con un octanaje superior. El ciclo logra que aumente la relación de compresión, retrasando el cierre de las válvulas de admisión, permitiendo un pequeño reflujo de gases que vuelve al colector de admisión mientras asciende el pistón, permitiendo una relación de compresión superior. Estas válvulas controlan la cantidad de gases en el cilindro y la duración de la carrera de compresión. Podemos considerarlo como un cinco tiempos.

Dicho de otra manera, la carrera de compresión dura menos que la carrera de expansión. Todo esto nos sirve para aprovechar mejor la energía liberada durante la explosión de la gasolina. Como hay una menor mezcla en el cilindro, la potencia es inferior al de un motor Otto de la misma cilindrada, pero la eficiencia termodinámica del Atkinson es más alta: gastan menos. Como los Atkinson gastan menos y dan menos potencia, son motores idóneos para aplicaciones híbridas. El motor eléctrico aporta la potencia que falta, y así combinan una entrega de potencia buena con un consumo realmente bajo.

Vehículos actuales que usan este sistema:

- 2009 Ford Escape Hybrid: 2.5 153 CV, relación de compresión 12,3:1.
- Toyota Prius II: 1.5 78 CV, potencia combinada híbrida 115 CV, relación de compresión 13:1.
- Toyota Prius III: 1.8 98 CV, potencia combinada híbrida 134 CV.

Los híbridos procuran que el motor Atkinson gire a su régimen más eficiente, y el exceso de potencia generada se almacena en las baterías. Esto supone un menor consumo que si se utilizase el motor Atkinson en regímenes en los que no consigue la misma eficiencia termodinámica.

2.3. SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

2.3.1. UNIDADES DE CONTROL

Se cuenta con un complejo mecanismo de funcionamiento el cual alterna las operaciones de Motores Eléctricos y el motor de combustión interna, para que todo este revolucionario sistema opere de forma segura y fiable debe medir y controlar gran número de variables de forma independiente, como por ejemplo la Temperatura de la batería o la Temperatura de los inversores entre otras, para esto el sistema debe

ser descentralizado teniendo unidades de control independiente, pero relacionándolas todas a través del BUS DE DATOS, es decir aunque una unidad de control no reciba directamente la información de un componente si la va a tener todo el tiempo disponible ya que esta información viajará permanentemente por el bus.

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

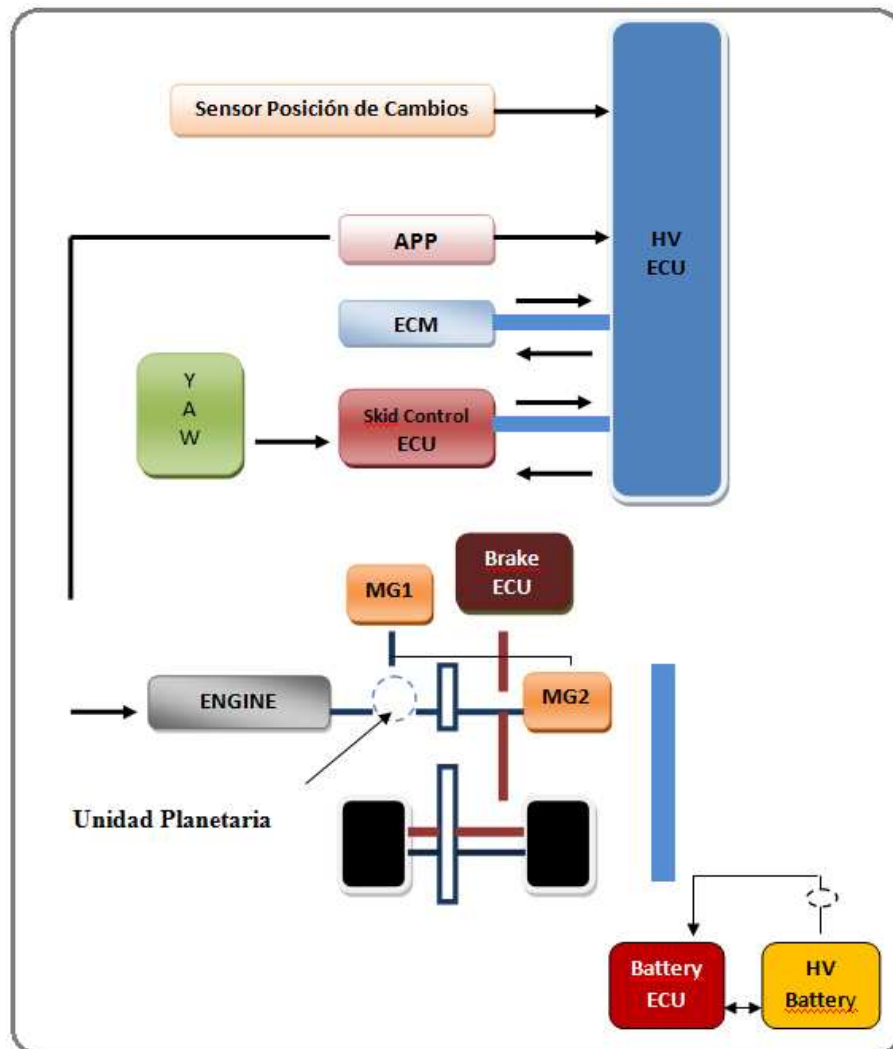


Figura 2.13 Unidades de Control Relacionadas

2.3.2. UNIDADES DE CONTROL QUE ACTÚAN EN UN VEHÍCULO HÍBRIDO

2.3.2.1. HV ECU (UNIDAD DE CONTROL DEL SISTEMA HÍBRIDO)

Es el centro de la operación híbrida, tiene el control total de la operación, comunica con todos los módulos importantes del sistema Híbrido, y controla de forma directa la electrónica del INVERTER, también recibe sensores como el APP (Sensor de Posición del Acelerador), y señales correspondientes al seleccionador de Marchas por parte de la unidad de la transmisión.

Esta unidad controla en qué momento se debe accionar y desconectar el motor de inyección al igual que la operación de los Moto Generadores, es importante saber que esta ECU no controla los actuadores del motor de combustión, como tampoco interviene directamente en la manipulación (Potencia) de los Moto generadores, solo se encarga de la gestión.

Funciones de la ECU de control HV

- La ECU de control HV controla el estado de carga de la batería HV, MG1, MG2, motor y control de freno regenerativo. Estos factores se determinan por la posición del cambio, la posición del pedal del acelerador y la velocidad del vehículo.
- La ECU de control HV supervisa el estado de carga y la temperatura de la batería HV, MG1 y MG2 para optimizar el control de estos elementos.
- Cuando la posición de cambio es N, la ECU de control HV detiene el control para detener eléctricamente el MG1 y MG2.
- Si no hay tracción en las ruedas motrices, la ECU de control HV activa la función de control de la tracción del motor que limita la rotación de MG2 para proteger la unidad del engranaje planetario y evitar que MG1 genere demasiada electricidad.

- Para proteger el circuito de las altas tensiones y asegurar la fiabilidad del cierre, la ECU de control HV realiza un control SMR con 3 relés para conectar y cerrar el circuito de alta tensión.

Diagnóstico de fallas

Cuando la ECU de control HV detecta una avería, diagnostica y almacena los valores referentes al fallo. Para conocer los diferentes códigos se emplea el equipo adecuado y se conecta en el Conector de enlace de datos (DLC).

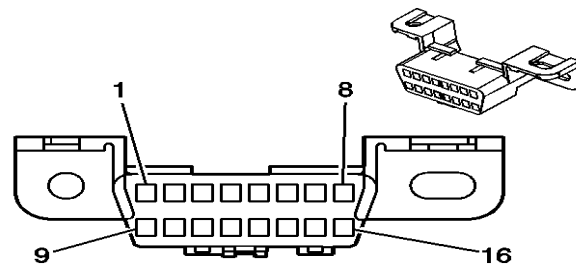


Figura 2.14 Conector de Diagnóstico

2.3.2.2. ECM (UNIDAD DE CONTROL DEL MOTOR)

Permite el funcionamiento del motor a los diferentes regímenes, dentro de su programación esta apagar y encender el motor de combustión cuando la unidad HV lo requiera, tiene las condiciones similares de operación de cualquier ECM convencional, la única diferencia en cuanto a sensores es que no toma la señal del APP (Sensor de Posición del Acelerador), solo recibe el mensaje a través del Bus de Datos.

Función del ECM

El ECM recibe el valor de solicitud de aumentación y las revoluciones deseadas de la ECU de control HV; además, controla el sistema ETCS-í, el volumen de inyección de combustible, el ajuste del encendido y el sistema VVT-i.

El ECM utiliza los siguientes datos antes de asumir el control de los actuadores, y calcular el momento óptimo de la inyección:

- Velocidad de giro del motor
- Sensor de presión absoluta (MAP)
- Posición del ángulo
- Sensor de posición del árbol de levas (CMP)
- Sensor de posición del cigüeñal (CKP)
- Cigüeñal / árbol de levas de correspondencias
- Temperatura del refrigerante del motor (ECT)
- Circuito cerrado de control de combustible
- Presión del aceite del motor (EOP)
- Nivel de aceite del motor

2.3.2.3. SKID CONTROL ECU (UNIDAD DE CONTROL DEL DERRAPE)

Tiene la función de controlar aspectos relacionados con el control del frenado y el sistema EBD (Distribución de la presión de frenado) , dentro de sus funciones está la de medir los movimientos del centro de gravedad del vehículo para una mejor operación de la secuencia del frenado , esto asociado a la unidad del sistema de frenos, está en juego en este sistema, puesto que se cuenta con un mecanismo de frenos Regenerativos, en ese momento el sistema SKID adopta estrategias diferentes a las usadas en un vehículo convencional , el sensor YAW mide el giro respecto al centro de gravedad del automóvil, y envía esta señal al módulo SKID que luego intercambia información a través de bus de datos con el Modulo HV.

Función de la ECU de control de derrape

Durante la frenada, la ECU de control de derrape calcula la fuerza de frenada total y transmite una solicitud de fuerza de frenado regenerativa a la ECU de control HV. Cuando recibe la señal, la ECU de control HV calcula la cantidad de fuerza de frenada regenerativa necesaria y la transmite a la ECU de control de derrape. Basándose en esta información, la ECU de control de derrape calcula y ejecuta la fuerza de frenado de presión hidráulica necesaria.

2.3.2.4. BRAKE ECU (UNIDAD DE CONTROL DEL FRENADO)

Tiene como función principal gestionar el frenado del vehículo, (ABS), su funcionamiento es similar a cualquier sistema ABS, pero en este caso varía puesto que por momentos el frenado no lo realiza completamente la hidráulica si no que interviene el Moto Generador 2 MG2, otro avance importante en este modelo es que en el frenado existe una regulación de la presión de frenado, que funciona porque está dispuesto en la hidráulica unos sensores que miden la presión de cada circuito, y una gran bomba hidráulica dentro de la unidad de presión generara la presión requerida en cada rueda. Toda esta unidad se comunica a través del BUS de Datos con las demás unidades de control.

2.3.2.5. UNIDAD DE CONTROL DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN

Esta unidad controla todo lo relacionado con la batería, se encuentra al lado de ella en ubicación y está todo el tiempo monitoreando la operación de la misma, dentro de sus funciones esta medir paquetes dentro de la Batería para su monitoreo, también está controlando la temperatura interna del paquete , y en la medida de lo necesario accionara un electro ventilador con el cual la llevara a temperatura óptima, es importante conocer que el negativo de la batería HV no es el mismo que la batería auxiliar de 12V , por lo tanto esta unidad maneja los dos niveles de referencia, pero su electrónica de funcionamiento interna (Fuente y Procesamiento de datos) , trabaja con la referencia de 12 V. Este módulo tiene adicionalmente la característica de medir

la corriente que entra o sale de la batería HV, esto lo realiza mediante la ubicación de un sensor de corriente el cual se encuentra ubicado en el conjunto de la batería HV en la parte posterior del Vehículo.

Función de la ECU de la batería

La ECU de la batería supervisa el estado de la batería HV y controla el ventilador de refrigeración para mantener la batería HV a una temperatura determinada anteriormente. En consecuencia, se optimiza el control de estos componentes.

Diagnóstico

La ECU de la batería en caso de fallo dará a conocer:

Caso 1: Alto voltaje de la batería HV, si se detecta que la diferencia de voltaje entre sus pares es alta.

Caso 2: Bajo Voltaje de la batería HV, si se detecta que la tensión media es inferior a un valor establecido.

Caso 3: Voltaje batería HV muy alto, se detecta cuando la temperatura media es superior al valor establecido.

Caso 4: Temperatura alta en la Batería HV, si se detecta que la diferencia de temperatura es alta entre los módulos.

Caso 5: Batería HV alta resistencia, si se detecta un cambio brusco en la resistencia que se produce cuando existe un fallo de un módulo o grupo de módulos en el paquete de baterías.

2.3.3. SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (APP)

El sensor de posición del pedal del acelerador (APP) es de tipo potenciómetro, recibe dos tensiones de referencia desde el módulo de control del tren de potencia (PCM), con dos cables de toma de tierra y dos cables de señal que envían una tensión variable a la ECU HV en relación con la posición del pedal del acelerador. La tensión de la

señal enviada puede variar de un fabricante a otro, pero probablemente nunca será superior a 5 voltios.

El sensor APP está montado en el cuerpo del pedal del acelerador en el Control de Cuerpo de Aceleración Electrónico. El sensor APP convierte el movimiento del pedal del acelerador y su posición en dos o tres señales eléctricas según lo marque el diagrama de encendido electrónico.

Eléctricamente, el sensor APP es idéntico en su operación que el sensor TPS DOBLE. Los sensores TPS DOBLE y APP siempre trabajan conjuntamente en el mismo circuito de control electrónico controlados por un módulo independiente como en el caso de GM o de forma directa como en el caso de Ford. Volkswagen y Jeep ya han adoptado este sistema también.

Control del acelerador electrónico: El APP suele ser uno, o más comúnmente, dos potenciómetros acoplados al pedal del acelerador. Cuando se pisa el acelerador, una señal de tensión se envía al PCM comunicando la posición actual del mismo y por lo tanto la exigencia física del conductor. Como resultado de esta entrada, el PCM genera una salida al actuador correspondiente, en este caso el actuador de control del acelerador electrónico ETC. Como se ha mencionado anteriormente, el APP suele tener dos potenciómetros. Éstos se utilizan para asegurar un nivel de funcionamiento a prueba de fallos.

Se utilizan varios métodos para generar la señal. La gran mayoría utiliza la referencia común de 5 voltios, que se emplea en el sistema de gestión del motor. Los dos métodos más comunes de generación de señales son los siguientes:

Método 1: El potenciómetro 1 genera una señal de entre 0,3 y 4,8 voltios (pista roja en la figura) y el potenciómetro 2 genera una señal de entre 0,5 y 4,8 voltios (pista

azul en la figura). Con una posición del pedal del acelerador a 45 grados, el potenciómetro 1 puede emitir una señal de 2 voltios y el potenciómetro 2 una señal de 3 voltios, a modo de ejemplo.

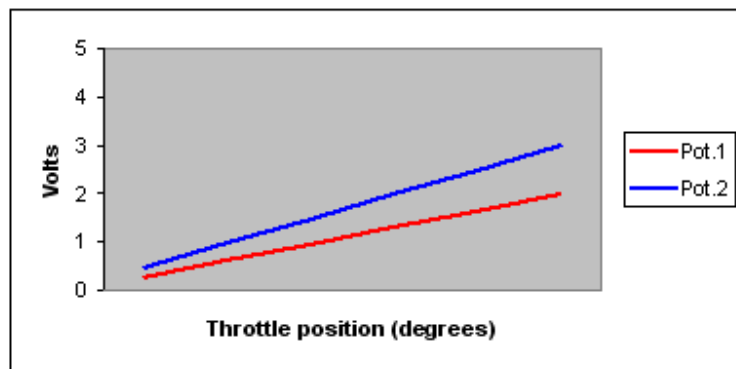


Figura 2.15 Método 1 de la Señal del APP

Método 2: El potenciómetro 1 genera una señal de entre 0,3 y 4,8 voltios (pista roja en la figura) y el potenciómetro 2 genera una señal de entre 4,8 y 0,3 voltios (pista azul en la figura). Con una posición del pedal del acelerador a 0 grados, el potenciómetro 1 puede emitir una señal de 0,5 voltios y el potenciómetro 2 una señal de 4,5 voltios.

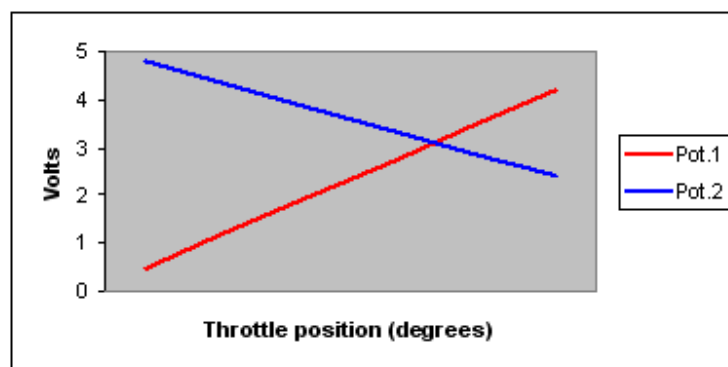


Figura 2.16 Método 2 de la Señal del APP

2.3.4. COMUNICACIÓN ENTRE ECUS

El Módulo de enlace de datos, funciona como una puerta de enlace o un traductor de datos entre las distintas ECUS. El objetivo de este módulo es traducir los mensajes de datos en serie que se producen entre la alta velocidad de datos conocida como GMLAN y la baja velocidad de datos en serie GMLAN, con ello lograr la comunicación entre los distintos módulos y el conector de enlace de datos (DLC)

El modulo interactúa con cada una de las redes de acuerdo con que la red de protocolo de transmisión que se emplee.

2.3.4.1. MÓDULO DE PUERTA DE ENLACE DE DATOS

Las señales se utilizan para ayudar al algoritmo de control HV a saber cuándo abrir y cuando no abrir los contactores y desactivar el sistema de alto voltaje. Esto ayuda a evitar errores en el sistema

El SDGM (Módulo de puerta de enlace de datos) no espera que se proporcione un controlador de capacidades más allá de la de un módulo de control estándar. Es decir que los Procesadores de aseguramiento, la verosimilitud de detección, el registro de datos del suceso, funciones CP redundantes, SDM y otros procedimientos específicos no son necesarios.

En virtud de la pérdida de señal de velocidad del vehículo impulsada Promedio, (como manejador de la señal detectada por el control) o de velocidad del vehículo Promedio Impulsado validez = NO VÁLIDO, el SDGM (Puerta de enlace de datos serie del módulo), se ignoran las dos velocidades / hora criterios utilizados en accidente determinación y basarse únicamente en la HVCID sensor. Si un CRASH DETECTADO y se determina la SDGM (Puerta de enlace de datos serie del módulo) no es capaz de transmitir en el autobús GMLAN, el SDGM (Módulo de puerta de enlace de datos serie) todavía se guarde el CRASH DETECTADO a la memoria.

El SDGM proporcionará y apoyara las siguientes funciones:

- Accesorio despertador del circuito de control electrónico
- Puerta y control de eficiencia del sistema hibrido
- Control del Modo híbrido de pantalla
- Guardar consumos de combustible
- Función y determinación del APM (Modulo de potencia de Accesorio)
- Comunicación GMLAN
- GMLAN señal de supervisión continua

2.3.5. ALTA TENSIÓN

2.3.5.1. MONITOREO DEL VOLTAJE DE LOS PAQUETES

Cada paquete de 15, 78 V tiene un monitoreo de voltaje que va a la ECU de la Batería, cada monitoreo toma progresivamente la suma de los paquetes, de tal forma que el monitoreo del paquete 1 (VB1) deberá medir 15,78 V y ser luego progresivos así:

VB1= 15.78V, VB2=31, 42V; VB3=47, 20V..... VB14= 220V Ec. 2.1

De esta forma si por algún motivo es interrumpida alguna serie o una serie está en corto la ECU de la Batería no verá el incremento de voltaje deseado y generara el respectivo código.

2.3.5.2. INSTALACIÓN DE ALTA TENSIÓN

La instalación eléctrica para la propulsión funciona con 500 V, hay otra instalación de 12 V para los demás elementos eléctricos del coche (incluida una toma de corriente para arrancar el motor con una batería normal, si fuera preciso).

Para reducir peso (y precio) la red de cables de alta tensión no es de cobre, sino de aluminio. Hay sensores que cortan instantáneamente la corriente en caso de accidente o de cortocircuito. La tensión de funcionamiento del circuito de alta tensión (HV) varía en función de la evolución del sistema híbrido.

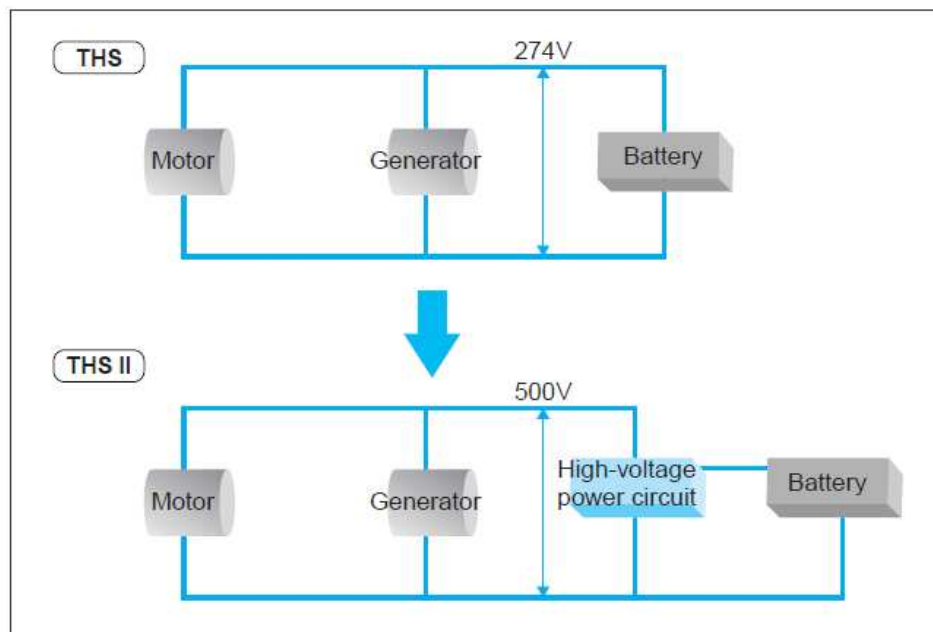


Figura 2.17 Circuito eléctrico de Alto Voltaje

2.3.6. SISTEMA DE CONTROL

Caso: THS (Toyota Hybrid System)

El sistema de control de THS II gestiona el vehículo en su máxima eficiencia controlando la energía usada por el vehículo, lo cual incluye la energía para mover el vehículo así como también la energía usada para dispositivos auxiliares, como el aire acondicionado, los calentadores, los focos delanteros y el sistema de navegación.

El control de sistema monitorea los requisitos y las condiciones operativas de componentes del sistema híbrido, como elemento principal, el motor térmico que es

la fuente de energía para el vehículo híbrido entero; El generador, que se utiliza como motor de arranque para el motor térmico y además convierte la energía del motor térmico sobrante en electricidad; El motor eléctrico, que mueve el vehículo usando la energía eléctrica de la batería; Y la batería, que almacena la energía eléctrica generada a través de la regeneración de electricidad por el motor eléctrico durante la desaceleración. El sistema de control también tiene en cuenta las informaciones que recibe del sensor de freno, sensor de velocidad, posición del acelerador, así como cuando el conductor actúa sobre la palanca de cambio.

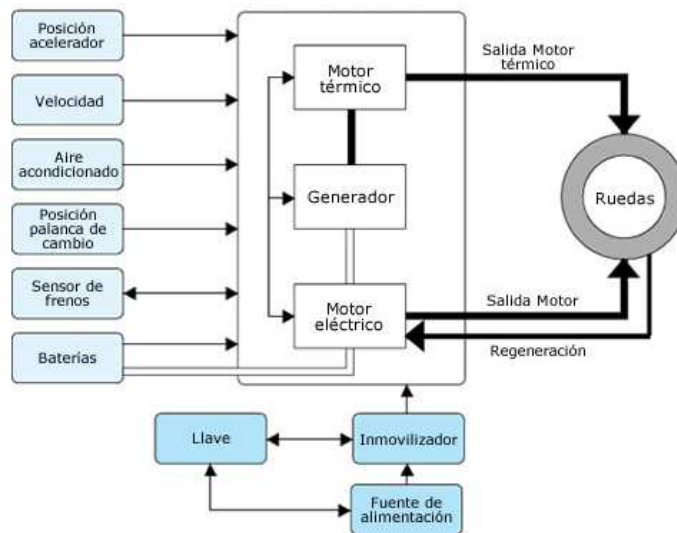


Figura 2.18 Sistema de Control THS II

2.3.7. FUNCIONAMIENTO DEL JUMPER DE SEGURIDAD

La serie de los paquetes de las baterías llegan a los dos polos positivo y negativo para su distribución, adicionalmente posee una clavija de seguridad que abre el circuito al sacarla, esta clavija tiene conexión al paquete 10 como se puede apreciar en la figura. En el caso del Prius la conexión en serie se interrumpe dejando una sección de 70V y otra sección de 150V. Adicionalmente la clavija de seguridad tiene un enclavamiento mecánico el cual es monitoreado eléctricamente por el módulo del híbrido que detecta

cuando el enclavamiento no está conectado correctamente y bloquea el sistema no dejando encender al auto y limitándolo a estar en neutro.

El enclavamiento mecánico tiene un puente eléctrico que informa al módulo del híbrido que este se encuentra o no enclavado, de esta forma el módulo del híbrido permitirá que entre en funcionamiento el ECU de la batería o lo bloquee en caso de encontrar desconexión.

2.4. TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

La operación del sistema Híbrido requiere que gran número de condiciones estén establecidas antes que las Unidad HV comience la estrategia de operación del motor de combustión y los Motores Generadores. Como se comentó anteriormente el conjunto está formado por los dos Motores Generadores y el motor de combustión, todo unido a través del conjunto sistema planetario, este último permite el aporte de potencia de cada uno de los elementos. En la gráfica inferior se observa cómo están relacionados mecánicamente.

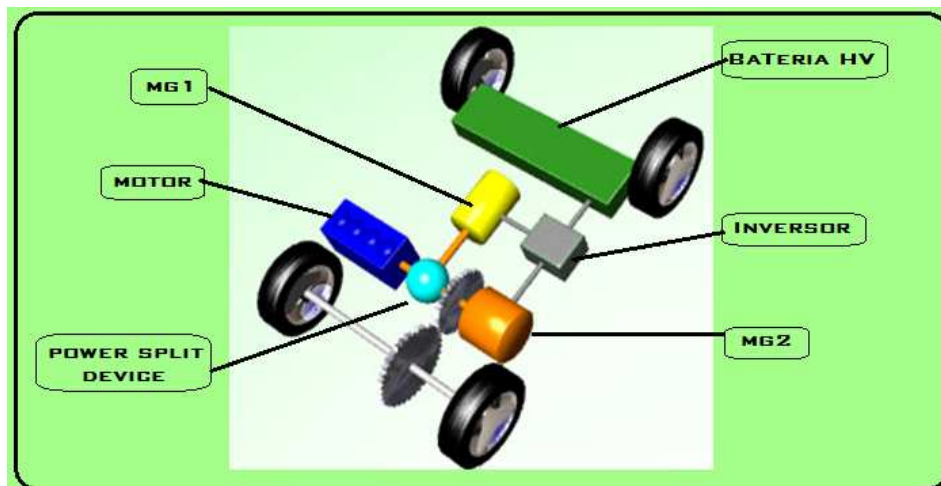


Figura 2.19 Componentes de la Transmisión

Se puede observar los dos Moto generadores y el motor de Combustión, el motor de combustión va directo al portador (Conjunto de portadores), a través del eje más delgado sombreado en rojo en la figura y finaliza en la bomba de aceite, el acople entre el eje del motor y los portadores se presenta a través de rodamientos en su interior, MG1 está conectado al engrane centro.

Si el motor de combustión se mueve no necesariamente existe movimiento en las ruedas puesto que al moverse el motor de combustión, y estar frenado el aro exterior que está solidario al MG2 (Línea violeta), la única posibilidad de movimiento es para MG1. Es decir si el eje de salida está bloqueado (Posición PARQUEO) y el motor de combustión está encendido (movimiento de los portadores), MG1 tendría necesariamente que moverse por reacción de esta forma se convertiría en generador para cargar la batería HV.

La misma situación anterior se puede analizar, pero suponiendo en este caso que el motor de combustión está apagado y el automóvil detenido en parqueo, la única forma de hacer girar el motor de combustión es que se accione el MG1, en ese momento al accionarse y estar frenado el aro exterior, la única posibilidad es que el conjunto de los portadores se muevan y como están conectados directamente al motor de combustión este tendrá que moverse y así arrancar.

MG2 va directo al aro exterior (Línea violeta) y por consiguiente al movimiento de las ruedas, si el eje de salida no está bloqueado y MG2 se mueve el auto se moverá, de esta forma comienza a moverse el vehículo, si MG2 gira de forma contraria, el auto debería moverse en marcha atrás, un ejemplo de este acople es que si el automóvil se coloca en NEUTRAL y alguien lo mueve de forma externa (jalado por ejemplo), MG2 se tiene que mover de forma obligada porque está directo a la salida.

En esta misma idea si MG2 está en movimiento (Por ejemplo vehículo en movimiento), y MG1 coloca resistencia, se moverá todo el conjunto como un solo elemento aportando potencia MG2 y el motor de combustión y MG1 sería arrastrado generando energía al sistema.

Algo interesante sucede si el vehículo está en movimiento y se quiere frenar, para disminuir la velocidad MG2 se convierte en generador, tomando energía cinética del movimiento y transformándola en energía eléctrica que mediante el inversor pasara a las baterías, esto se conoce como freno regenerativo.

La secuencia de operaciones para el accionamiento de los Moto Generadores y el motor de combustión es el secreto para crear esta nueva tecnología, no tiene sentido que el motor de combustión actúe la mayor parte del tiempo, y tampoco se podría presentar que MG2 esté todo el tiempo trabajando puesto que se descargaría la batería. Es entonces que se tiene que tener una secuencia lógica de procesos para poder tener el motor de combustión lo menos encendido posible y la carga de la batería siempre de forma óptima.

A continuación se explicara cada una de las estrategias que debe tener el sistema para poder operar cada una de las marchas, todas las estrategias son comandadas por la unidad HV.

2.4.1. VEHÍCULO DETENIDO.

Si el vehículo está detenido y la carga de la batería se encuentra en condición alta, el motor de combustión estará apagado, y arrancara automáticamente solo si la carga de la batería comienza a bajar. En el caso del modelo de TOYOTA THS -II (2004 y posterior), para disponer de aire acondicionado o asistencia a la dirección, no es necesario encender el motor de combustión si el vehículo está detenido, puesto que el mecanismo compresor del aire acondicionado y la dirección del vehículo son

eléctricos. En el caso del AC se utiliza un motor trifásico de frecuencia variable, y en el caso de la dirección se emplea un motor DC, eventualmente la unidad del sistema Híbrido seleccionara si o no encender el motor de combustión.

2.4.2. EMPEZANDO A MOVER EL VEHÍCULO.

Cuando el vehículo comienza a moverse inicialmente y la carga a la cual está sometido es baja, funciona con el accionamiento del Moto Generador MG2, en este momento el motor de combustión interna está apagado, si la carga sobre el vehículo comienza a aumentar entrará en funcionamiento el Motor de combustión. También esta estrategia depende del nivel de carga del sistema HV. Para calcular la carga es muy importante la posición del pedal del acelerador (APP), el cual va directamente a la ECU HV y no al ECM, la energía para el movimiento del vehículo en la condición menciona es tomada de la batería HV, esta operación de comienzo de movimiento genera un arranque muy silencioso.

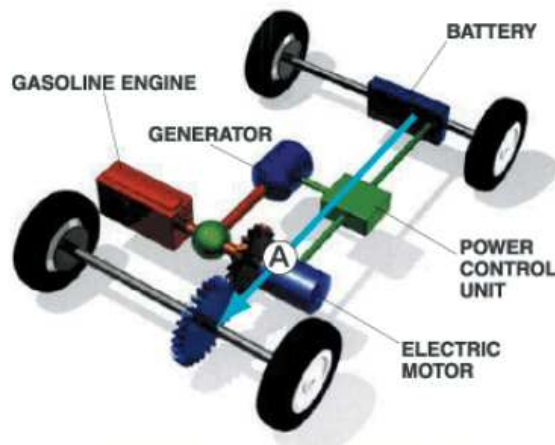


Figura 2.20 Vehículo empezando a moverse

2.4.3. CONDUCCIÓN NORMAL.

En esta condición cuando el vehículo se mueve a velocidad normal a bajas velocidades entre 30 y 70 Km/h, el motor arranca y genera potencia, en momentos MG2 se acciona y provee una asistencia eléctrica como ayuda mecánica al motor, de

combustión, en este caso MG1 gira al mismo sentido que MG2 y se convierte en un generador que provee carga eléctrica al sistema, usada principalmente en MG2, es decir con el movimiento MG1 genera carga que MG2 se mueva, y MG2 ayuda al motor de combustión a mover el vehículo.

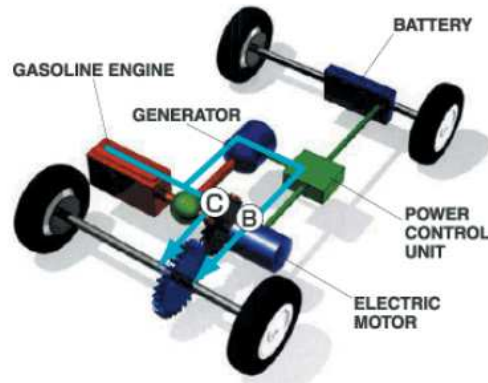


Figura 2.21 Vehículo entre 30 y 70 Km.

2.4.4. CONDICIÓN DE ACELERACIÓN FUERTE Y VELOCIDAD CRUCERO

Para aceleraciones fuertes o altas velocidades (Aproximadas a 200 Km. /h), MG2 genera potencia para ayudar al motor de combustión, la batería suministra electricidad para el movimiento de MG2, en este caso MG1 también recibe electricidad de la batería para girar en reversa esto crea un radio de Overdrive (Sobre marcha), para generar la máxima velocidad.

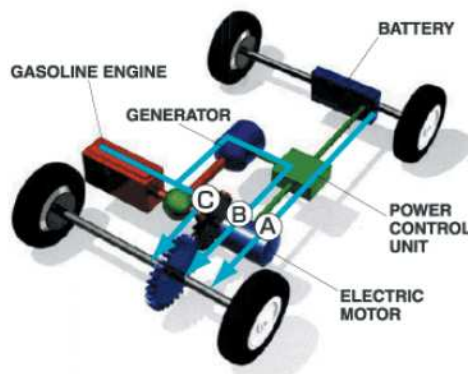


Figura 2.22 Vehículo a altas velocidades

2.4.5. DECELERACIÓN Y FRENADO

La estrategia comienza cuando el conductor levanta el pedal del acelerador y el vehículo está en velocidad, en ese momento MG2 se convierte en GENERADOR y con el movimiento del vehículo comienza a cargar la Batería HV, de esta forma a medida que toma energía cinética disminuye la velocidad del vehículo, aunque en todo momento los trenes están en paralelo controlando la situación de forma hidráulica, al proceso se le denomina Frenos Regenerativos.

En este momento el motor de combustión interna se apaga, y MG1 gira al contrario para crear el radio de giro, toda la carga es gestionada por la unidad HV pero permitida en potencia a través del INVERSOR.

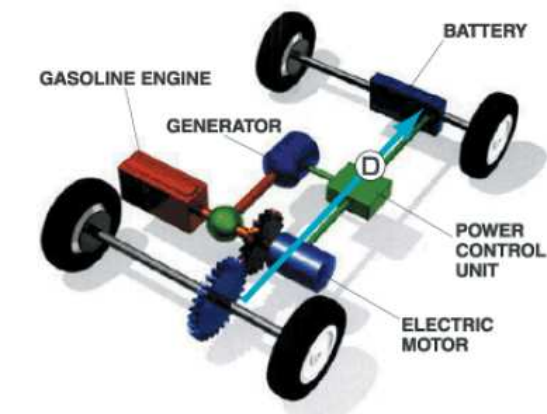


Figura 2.23 Vehículo frenado

2.4.6. REVERSA

Cuando el vehículo se mueve en reversa, MG2 trabaja como motor tomando energía de la batería. HV pero girando en sentido contrario, esto permite que el vehículo gire de forma reversa, en este caso MG1 gira en la misma dirección de forma libre, esto no genera electricidad.

2.4.7. DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO

2.4.7.1. MOTOR PARADO Y EN CONTACTO

En este momento solo se encuentra colocada la ignición o bien puede estar el motor prendido con la batería cargada, en cuyo caso en el tablero aparecerá 3 palabras READY indicándonos que el auto está listo para ser usado, las rpm de MG1 y MG2 serán cero porque no tengo movimiento para ver RPM en MG2 ni necesito cargar la batería para ver movimiento en MG1.

2.4.7.2. MOTOR PARADO CON MOTOR A GASOLINA

En esta condición el motor está en parking, se encuentra encendido, pero se detectó que la batería estaba un poco baja y que requiere carga, entonces MG1 tendrá rpm positivas (entre 7000 y 9000 RPM) para poder encender al motor de gasolina y que este ahora convierta al motor MG1 en generador para cargar la batería, en esta condición como no hay movimiento de las ruedas, MG2 se encuentra quieto con cero RPM.

2.4.7.3. RODANDO CON MOTOR ELÉCTRICO

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

2.4.7.4. RODANDO DE MANERA MIXTA (2 MOTORES)

En este caso, el conductor hace una exigencia mayor de aceleración, por ejemplo para rebasar, al detectar esto el sistema veremos que MG2 ya venía con rpm positivas para mover al auto, pero adicional ahora se debe conectar MG1 con rpm positivas también para poder encender el motor de gasolina y que este a su vez aporte al movimiento y

cumpla con el requerimiento de potencia, una vez encendido el motor térmico queda aportando al movimiento junto con MG2 y MG1 vuelve a tomar valor negativo de rpm si es que no requiere carga la batería o valores positivos para aportar con carga a MG2 y si le sobra energía cargar la batería.

2.4.7.5. RODANDO EN RETRO

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

2.4.7.6. RODANDO EN NEUTRO

En la condición de neutro el auto no carga a la batería, pues por seguridad se requiere que este en parking cuando está detenido ya que tendrá así un bloqueo eléctrico al movimiento, pero si rodamos en posición neutro tendremos un valor de rpm negativo para MG1 y positivo por el movimiento para MG2, valores que no tienen ninguna relación eléctrico y están dados solo por la inercia del movimiento.

2.5. SISTEMA DE CARGA

2.5.1. RELÉ PRINCIPAL DEL SISTEMA (SMR)

Conecta y desconecta el circuito de alta tensión entre la batería y el conjunto del inversor mediante la utilización de una señal proveniente de la ECU de control de HV.

2.5.2. CONTROL DE LA ALIMENTACIÓN DE ALTA TENSIÓN

A la salida de la batería se dispone de dos relés (SMR3 En el negativo y SMR2 en el positivo) para realizar la conexión al sistema, un relé para cada polo y adicionalmente posee un relé (SMR1) que lleva conectado en serie una resistencia de 20 ohm. Este

Relay SMR1 sirve para protección del sistema ya que primero actúa el relé SMR3 de conexión a negativo y luego SMR1 que conecta al sistema intercalando en el circuito una resistencia de 20 ohm. De esta forma se protege al sistema en general ya que le es posible detectar midiendo la corriente que pasa si existe un corto circuito o algún problema que implique un mayor pasaje de corriente. Si todo está bien se conectará SMR2 colocando el positivo en forma directa. Si algo llegara a estar mal se bloqueará el sistema y no se aplicará corriente en forma directa.

Funcionamiento: Entra primeramente el relé de negativo SMR3, luego entra el relé de protección SMR1 y si detecta que todo está correcto en cuanto al consumo de corriente, activa el relé de positivo SMR2, caso contrario no lo activa y adicionalmente desactivará el relé de negativo SMR3.

Para determinar si hay fugas de corriente o cortos circuitos el sistema utiliza un sensor de corriente por efecto hall que se encuentra a la salida del negativo de la batería, este sensor de tres cables va conectado a la ECU de la batería e informa la cantidad de corriente que regresa por el negativo.

Los termistores (4 en algunos casos) dan información de la temperatura de la batería y en base a esto la ECU de la Batería puede activar el ventilador para la batería (Blower Bat.) controlado por un módulo de transistor (driver fan) el cual es monitoreado por la ECU EJAT que ve el funcionamiento verificando los pulsos negativos al motor.

La ECU BAT da pulsos al transistor para permitir al transistor colocar negativo al motor del soplador.

2.5.3. AISLAMIENTO DE CHASIS PARA ALTA TENSION

Una cantidad mínima de resistencia (aislamiento) se mantiene en todo momento entre los dos polos negativo y positivo de la batería híbrida y el chasis del vehículo. La alta tensión siempre debe estar aislada del chasis del vehículo por una cierta cantidad de resistencia para evitar la posibilidad de una amenaza.

En el caso de producirse fugas de alto voltaje, el sistema híbrido puede establecer un código de problema de diagnóstico (DTC) y tomar las medidas adecuadas es decir la apertura de Alta Tensión mediante los contactores.

“No todas las condiciones de pérdida de aislamiento podrán inhabilitar el sistema de alta tensión, pero se recibe un "mensaje de Sistema Híbrido de servicios" en el Centro de Información del conductor”.

2.5.4. SENSOR DE CORRIENTE DE LA BATERÍA

El sensor de corriente de la batería, que está montado en el lado del cable negativo del conjunto de la batería HV, detecta el amperaje que fluye hacia la batería HV. El sensor de corriente de la batería introduce una tensión (que varía de 0 a 5 V en proporción al amperaje) en el terminal IB de la ECU de la batería. Una tensión de salida del sensor de corriente de la batería por debajo de 2.5 V indica que el conjunto de la batería HV se está cargando, y si es superior a 2.5 V indica que se está descargando.

La ECU de La batería determina el amperaje de carga y descarga del conjunto de la batería HV en función de las señales enviadas a su terminal IB, y calcula el SOC (estado de carga) de la batería HV mediante la estimación del amperaje.

El sensor de la batería es tipo hall ya que de esta forma provee de una lectura mucho más exacta y su valor es tomado por la ECU de la batería.

Como se puede apreciar en el gráfico este posee un umbral de 2.5 V a partir del cual la ECU determina si la batería está siendo cargada (Tensión debajo de 2.5 Volts) o descargada (Tensión sobre 2.5 volts.)

2.5.5. MONITOREO DE LA TEMPERATURA

El paquete completo de batería posee 3 o 4 sensores de temperatura (termistores) que llevan información a la ECU de la Batería de la temperatura a la que se encuentra la batería (un sensor superior y dos inferiores). Adicionalmente las baterías poseen un sistema de desfogue de vapores para evitar que los vapores de la batería salgan y formen depósitos en las partes eléctricas y electrónicas cercanas, y también un sistema de ventilación que circula alrededor de la batería completa envolviéndola con aire y posibilitando su enfriamiento. Los 3 sensores de temperatura de la batería se encuentran en la parte inferior del conjunto de la batería HV. La resistencia del termistor, que está integrada en cada sensor de temperatura de la batería, varía de acuerdo con los cambios de temperatura del conjunto de la batería HV. Cuanto más baja sea la temperatura de la batería, más alta será la resistencia del termistor. A su vez, mientras más alta sea la temperatura, más baja será la resistencia.

La ECU de la batería utiliza sensores de temperatura de la batería para detectar la temperatura del conjunto de la batería HV. En función de los resultados de esta detección, la ECU de la batería regula el soplador de la batería. Así, el ventilador del soplador se pone en marcha cuando la temperatura de la batería HV alcanza un nivel previamente determinado.

2.5.6. ELEVADOR DE TENSION (BOOSTER)

El elevador de tensión es la clave del mecanismo inversor, está compuesto por un reactor, y modulo denominado IPM que en su interior contiene un par de transistores IGBT, los cuales son accionados de forma muy precisa para cumplir dos funciones específicas.

- Crear con el reactor una fuente SWTCH que eleve la tensión y siga a la parte de control de los Moto Generadores.
- Permitir el paso de tensión hacia la batería en el momento en que los Moto Generadores trabajen como Generadores.

El módulo IPM y el reactor son unos elementos de potencia importante y este módulo a la salida de 500 V cuentan con un circuito RC (Resistencia condensador, que genera estabilidad al sistema y descarga el condensador cuando se desconecta de las baterías.

Este paquete cuenta con 3 condensadores cuya función es almacenar los picos altos de voltaje y entregar luego el voltaje manteniendo así un valor alto y mejorando el rizado, haciéndolo más constante. Dicho voltaje alcanza valores aproximados a 500 V.

En paralelo a este paquete de bobinas encontrarnos una resistencia de descarga equivalente a 63 K ohm. Dicha resistencia es de descarga de los condensadores, este equivalente de 63K ohm consiste de varias resistencias de altos valores conectadas en paralelo para poder lograr una mejor disipación de la potencia en la descarga de los condensadores cuando el sistema es deshabilitado, ya que al tener una sola resistencia la potencia que debería disipar resultaría demasiado alta.

En el primer paso la unidad de control ECU HV activa al transistor IGBT T1 cargando la bobina (Reactor) directamente con la tensión de la batería HV, cuando la unidad de control del sistema Híbrido HV desactiva el transistor T1, se generara una auto inducción de la bobina reactiva, lo cual presentara una extra tensión en el Punto A. En este momento el Transistor 2 T2 se encuentra desactivado, quedando como único paso el diodo 2 D2 e! cual se polarizara con una tensión positiva, es decir, solo

pasara hacia el condensador tensiones positivas, y D1 no permitirá el paso de esa tensión positiva a masa puesto que no lograra ser polarizado.

Al pasar los picos de extra Tensión a través del Diodo se llega al conjunto de condensadores los cuales ayudan a estabilizar esta tensión.

Cuando se desconecta el sistema y deja de operar el circuito estos condensadores pueden quedar con tensión almacenada. Para descargarlos se encuentra un conjunto de resistencias en paralelo con un valor de 63 Kohm aproximadamente, a la salida de este conjunto de componentes se tiene una tensión aproximada de 500 VDC, los cuales serán utilizados por el conjunto de transistores para la generación de la Corriente alterna en tres fases para el Movimiento de los Moto Generadores MG1 y MG2.

Cada uno de los componentes que hacen parte de este circuito (Booster), requieren una potencia importante y características electrónicas que le permitan operar en condiciones especiales como son las altas frecuencias, Temperaturas cambiantes, para tal fin se utilizan elementos especiales como sería el módulo IPM, el REACTOR (Bobina) y los condensadores y resistencias, todos ellos de una potencia elevada para poder soportar las condiciones, a continuación se desarrollará una descripción de cada uno de estos componentes que hacen parte del Reactor.

2.5.7. MÓDULO IPM

Este módulo presenta la función de generar la conmutación a masa del Reactor, para ello utiliza Transistores con tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), los cuales cuentan con una serie de características electrónicas que le permiten conmutar a altas frecuencias y cargas elevadas , en este caso todo se encuentra en un solo Modulo de marca MITSUBISHI , (Intelligent Power Modules).

Dentro de las características importantes de este módulo se encuentra:

- Completa salida de Poder.
- Compuerta Aislada en el comando del módulo.
- Protección lógica del circuito (Corto circuito - Sobre Temperatura - Sobre Voltaje).

Las aplicaciones para este ÍPM son variadas, las más recomendadas para este conjunto electrónico son:

- Inversores.
- UPS.
- Servo Control.
- Fuentes de Poder.

Los IPM (Intelligent Power Module), son módulos aislados diseñados para aplicaciones de manejo de poder conmutadas, las frecuencias de operación son altas de alrededor de 20 KHZ. En su construcción contiene circuitos de control y sensado para una operación más segura, esto mejora la operación de los IGBT. Contienen dentro de su circuito Diodos de Poder (Free - Wheel). Este tipo de Módulos IPM tiene un numero de parte específico según la aplicación, pero su denominación apunta hacia el Voltaje y Amperaje que manejan, por ejemplo, un módulo PM400DVA060 representa Modulo de Poder de 400 V y 60 Ampere.

La estructura interna es muy compleja, pero básicamente se encargan de las conmutaciones, en este caso se ha analizado la parte que permite elevar la tensión a 500 V aprox. Dentro de este módulo también existe el transistor T2 que en el momento del trabajo como fuente esta OFF, pero en momentos se coloca ON y de esa

forma deja pasar la carga de los Moto -Generadores hacia la batería, ese evento se explicara más adelante en la parte de freno regenerativo.

En la siguiente gráfica se puede apreciar la estructura interna del IPM, el cual cuenta con la salida E2, la cual es masa de la batería HV y estaría sujetado con un Fuerte Perno.

Por otro lado estaría C2E1, la cual es usada para el control de la bobina (REACTOR), en esta salida se puede apreciar la actuación del Transistor T1. En esta parte de la estructura del IPM se puede apreciar que existe un sensor de temperatura del conjunto.

En la segunda parte del IPM se encuentra T2 el cual presenta su salida en el Borne C1, en este punto estará colocado el voltaje de alta después del Diodo 2 , en este punto es donde se encuentra la tensión estabilizada para el uso del sistema que opera los motores de tres fases.

2.5.8. OPERACIÓN IPM EN LA ESTRATEGIA DE CARGA DE LA BATERÍA HV

Hasta este punto solo se ha analizado lo que pasa de la batería hacia el sistema, pasando por el Alzador, pero existe una estrategia en el momento que el sistema necesite recibir energía, si se analiza el circuito completó del Inversor se puede apreciar la conexión de los motores eléctricos MG1 y MG2.

Cada una de las fases de los Moto - Generadores operan corriente alterna, esta es generada por el Inversor en la etapa 2 y va hacia uno de los moto Generador MG cuando trabaje como motor eléctrico, pero por momentos este va a generar energía eléctrica usando por ejemplo el movimiento de vehículo (Freno Regenerativo), en ese momento funcionara como Generador y en ese caso será MG1 o MG2 quienes

generen la corriente Alterna. Esta corriente debe entrar a la batería como Corriente Directa, para eso debe pasar por la Etapa 2 y el conjunto IPM.

Como primera instancia la Corriente alterna se debe convertir en directa, para ese fin cada fase utiliza el puente rectificador, conformado por el conjunto de diodos.

En el esquema que se evidencia a continuación se puede apreciar eléctricamente como opera este mecanismo, el cual es similar al de un Alternador Vehicular.

Una vez que pasa por este circuito se tiene una salida Positiva y Negativa de Corriente directa, que también se estabiliza gracias a el paquete de condensadores, lo interesante está en la forma en que esa tensión va a pasar a la batería HV.

La Tensión para que ingrese debe ser mayor que la de la batería HV como primera medida, luego cuando llegue al IPM esta tensión no podría pasar directamente puesto que el diodo 2 no está correctamente polarizado. Es en ese momento cuando la unidad de control del sistema Híbrido deja de operar a T1 (Quien controla la fuente conmutada) y permite la activación de T2 creando así un paso para la tensión que se encuentra en el Punto 3. Mostrado en la figura inferior. Se debe recordar que la tensión del Punto 3 es el producto de la generación de corriente de los MG.

En ese momento comenzara a ingresar carga a la batería, pasando por el reactor, que por su baja resistencia, no generara gran caída de tensión. En la imagen inferior se puede Observar el paso de la tensión a través de T2 sombreado en rojo.

El conjunto de los diodos, se encuentra en el mismo cuerpo de los Transistores de potencia que conmutan los motores eléctricos MG, en la fotografía inferior se puede observar este componente que hace parte del sistema inversor.

2.5.9. CONDENSADORES CIRCUITO INVERSOR

En la etapa de Potencia tanto de Booster como de manipulación de motores MG y recarga de las baterías HV, están involucrados los condensadores, estos se encuentran dispuestos en un paquete sellado muy estable y de un manejo importante de potencia y disipación, en la gráfica inferior se puede observar este conjunto de tres condensadores en el paquete que está montado en el interior de Inversor.

El valor de estos condensadores está estipulado en la etiqueta del mismo, se tiene para el condensador que se encuentra entre la Batería HV y el módulo IPM un valor de 0.1 Microfaradios, para el condensador que se encuentra después del Booster y antes del circuito inversor de los Moto Generadores, siempre se representa como uno solo, pero en realidad es una suma de dos Condensadores uno de 1120 Microfaradios y otro de 282 Microfaradios en el esquema siguiente se muestra el circuito con la indicación de cada uno de ellos.

2.5.10. CONJUNTO DE RESISTENCIAS INVERSOR.

Dentro del circuito inversor existe un conjunto de resistencias que hacen parte del circuito RC, en este caso es muy importante la utilización de las misma, puesto que si no se encuentran ubicadas podría permanecer el circuito de capacitores mucho tiempo cargado después de una condición OFF del vehículo y esto colocaría en riesgo el sistema en algunas condiciones, por ejemplo frente a una posible reparación de algún mecanismo que exija el desmonte del conjunto Inversor.

Este paquete de resistencias se encuentran en un circuito en paralelo para poder disipar más efectivamente el calor y en total suman un valor de aprox. 63 Kohm, en la conexión del paquete están representadas por un cable rojo (Positivo) y uno negro (Negativo).

2.5.11. TRANSISTORES IGBT

El transistor IGBT (Insulated Gated Bipolar Transistor) es un componente utilizado cada vez más en aplicaciones Automotrices en el cual la conmutación de altas corrientes es un requisito importante, este tipo de transistores aprovechan la ventaja de un transistor MOSFET y un transistor BJT (Bipolar).

En el caso de la excitación de este transistor se utiliza una compuerta aislada tipo MOSFET con lo cual se controla la conmutación por voltaje y no por corriente llevando esto mucha eficiencia a la llave electrónica.

En el caso de la llave electrónica se usa un transistor Bipolar con lo que se gana conmutación sin el valor de resistencia descrito en los transistores Mosfet. Este valor de resistencia presentaría un aumento en la caída de tensión a medida que aumente la corriente, mientras que en un Bipolar la caída de tensión es constante independiente de cuanta corriente conmute así que se vuelve en una unión perfecta de dos tipos de transistores en un solo encapsulado.

Como se trata de una activación por medio de un Mosfet se tendrá Gate en la excitación, y como se tiene un bipolar en la llave electrónica ahí se tendrá Colector para la fuente y Emisor para el circuito a conmutar, en la gráfica se puede apreciar este arreglo.

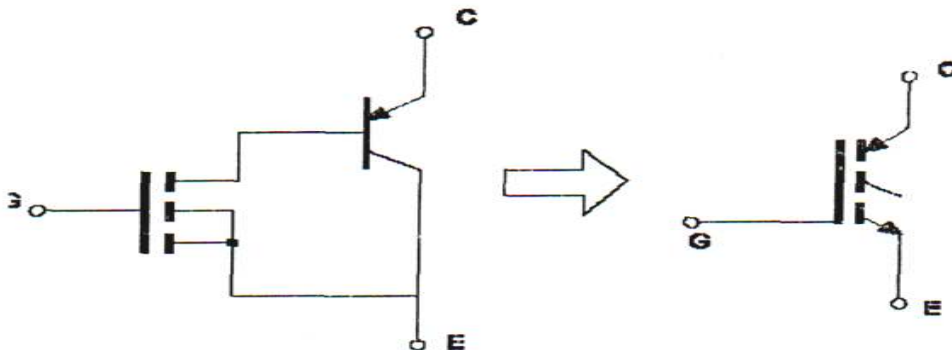


Figura 2.24 Transistor IGBT

En la estructura interna de este transistor se encuentra una organización química que usa las propiedades de los dos transistores que se comentó en el párrafo anterior.

En automotriz una de las cargas más complicadas para operar son las cargas inductivas estas son características de los sistemas de encendido por ejemplo.

En este caso la corriente tiene una característica muy interesante porque presenta un aumento a medida que el tiempo de circuito cerrado aumenta, lo que lleva a que el conductor de esta corriente debe tener una muy eficiente conducción de lo contrario colapsaría.

Este fenómeno de la corriente viene acompañado en el momento de su corte con un efecto de elevación de tensión, Pico inductivo en ese momento la tensión presenta un pico que podría perjudicar una juntura débil, se podría pensar que en el momento del pico inductivo fuese como si un diodo se polarizara de forma inversa.

En la gráfica inferior se muestra la imagen de este fenómeno en donde a medida que la corriente va disminuyendo el pico de tensión aparece.

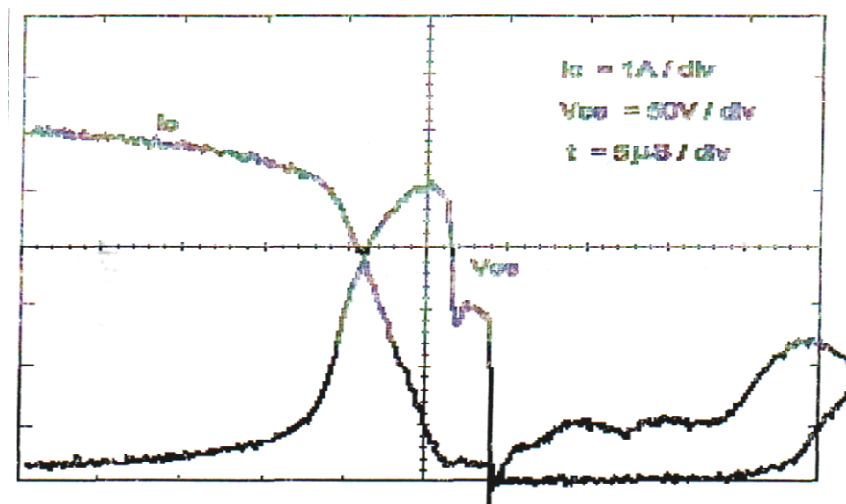


Figura 2.25 Curva de Corriente Transistor IGBT

Todos estos valores estarán en la respectiva tabla de manual de los fabricantes de componentes, en la gráfica inferior observaremos la identificación de los pines de uno de estos elementos y la tabla común de valores máximos a soportar por parte de este transistor.

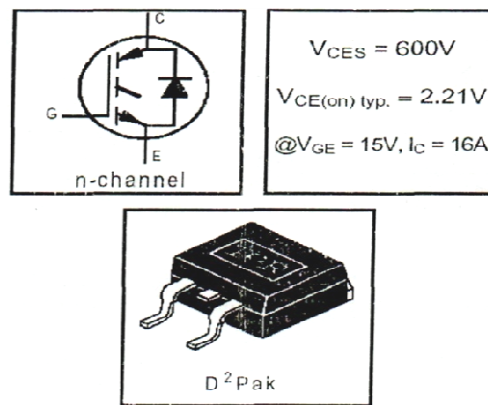


Figura 2.26 Características Transistor IGBT

Es importante apreciar que aunque la corriente continua es de 16 A, la corriente máxima pulsante es de 58 A, en el caso automotriz la mayoría de consumos altos (Casos PCM), se da por corriente que pulsan a alta frecuencia.

Tabla 2.1 Valores de Corriente Transistor IGBT

$I_C / T_C = 100\text{ }^\circ\text{C}$	Corriente en el colector	16
I_{CM}	Corriente pulsada en el colector (1)	58
I_{LM}	Corriente inductiva cargada (2)	58

CAPITULO III

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

3.1. PRUEBAS DE RENDIMIENTO

3.1.1. GENERALIDADES

En este capítulo, se trata de obtener el desempeño y rendimiento de los motores correspondientes a los vehículos Ford Escape Híbrido y Toyota Prius Híbrido, de acuerdo a sus principales parámetros de funcionamiento.

Las pruebas descritas a continuación nos darán a conocer las gráficas más importantes de los parámetros de funcionamiento del motor, las mismas que nos permitirán realizar el respectivo análisis y cuadro comparativo de resultados.

3.1.2. DATOS TÉCNICOS DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Tabla 3.1 Datos Técnicos Ford Escape Híbrido

Cilindrada	2.5 cm^3
Motor	DOCH
Nº de cilindros	4
Diámetro/carrera	89/100
Orden de encendido	1-3-4-2
Relación` de compresión	12.3:1

Tabla 3.2 Datos Técnicos Toyota Híbrido

Motor	DOCH 16V VVT-i
Nº de cilindros	4
Cilindrada	1500 cm^3
Diámetro/carrera	76,5/87
Relación de Compresión	13,0 : 1
Presión de compresión Bar	9,0 (min. 7,0)

3.1.3. DESEMPEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO

Se sometió a los vehículos Toyota Prius y Ford Escape a una prueba de desempeño del sistema híbrido en carretera y ciudad tomando en cuenta los parámetros descritos en la Tabla 3.3

Tabla 3.3 Parámetros de la prueba de desempeño del sistema híbrido

Prueba en Carretera	Prueba en Ciudad
Velocidad Promedio: 80 Km/h	Velocidad Promedio: 40 Km/h
Distancia Recorrida: 47 Km	Distancia Recorrida: 20 Km
Ubicación: Latacunga-Ambato	Ubicación: Ambato

3.1.3.1. DESEMPEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO TOYOTA PRIUS

La tabla 3.4 muestra los resultados obtenidos en la prueba de desempeño del sistema híbrido del vehículo Toyota Prius.

Tabla 3.4 Desempeño Sistema Híbrido Toyota Prius

Zona	Velocidad	Sistema Híbrido	Condición	Carga en el acelerador (%)
Carretera	30 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Camino regular	10%
	60 Km/h	Motor Eléctrico	Camino regular	50%
	90 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Camino regular	100%
	95 Km/h	Carga Batería	Bajada	0%
	80 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Curvas	100%
	105 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Cuesta	100%
	80 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Curva y Recta	80%

	90 Km/h	Freno activado, Carga Batería	Obstáculo	0%
Ciudad	50 Km/h	Motor Eléctrico	-	60%
	60 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	-	100%
	23 Km/h	Motor Eléctrico	-	60%
	30 Km/h	Motor Eléctrico	-	50%
	25 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	-	60%
	60 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	-	80%

La velocidad máxima durante la prueba de carretera fue: 140 Km/h

3.1.3.2. DESEMPEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO FORD ESCAPE

La tabla 3.5 muestra los resultados obtenidos en la prueba de desempeño del sistema híbrido del vehículo Ford Escape

Tabla 3.5 Desempeño Sistema Híbrido Ford Escape

Zona	Velocidad	Sistema Híbrido	Condición	Carga en el acelerador (%)
Carretera	20 Km/h	Motor Eléctrico	Camino regular	30%
	60 Km/h	Motor Térmico	Camino regular	50%
	90 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Camino regular	100%
	90 Km/h	Carga Batería	Bajada	0%
	80 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Curvas	80%
	110 Km/h	Motor Térmico y Motor	Cuesta	100%

		Eléctrico		
	85 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	Curva y Recta	80%
	90 Km/h	Freno activado, Carga Batería	Obstáculo	0%
Ciudad	20 Km/h	Motor Eléctrico	-	50%
	30 Km/h	Motor Eléctrico	-	50%
	40 Km/h	Motor Eléctrico	-	30%
	45 Km/h	Motor Eléctrico	-	40%
	50 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	-	50%
	60 Km/h	Motor Térmico y Motor Eléctrico	-	80%

La velocidad máxima durante la prueba de carretera fue: 170 Km/h

3.1.4. POTENCIA Y TORQUE TOYOTA PRIUS

Se determinó mediante catálogos y manuales la potencia máxima y torque máximo del vehículo Toyota Prius, los valores se especifican en las tablas descritas a continuación, la potencia se encuentra en función de las Rpm del motor de combustión interna.

Tabla 3.6 Potencia Toyota Prius

Potencia (HP)	Rpm
77	5000
69	4500
61	4000
53	3500
45	3000
38	2500
Potencia Máx Combinada	110

Tabla 3,7 Torque Toyota Prius

Par Máximo (Nm)	Rpm
115	4200
109	4000
104	3800
97	3600
93	3400
87	3200
82	3000
76	2800
71	2600

3.1.5. POTENCIA Y TORQUE FORD ESCAPE

Se determinó mediante catálogos y manuales la potencia máxima y torque máximo del vehículo Ford Escape, los valores se especifican en las tablas descritas a continuación, la potencia se encuentra en función de las Rpm del motor de combustión interna.

Tabla 3.8 Potencia Ford Escape

Potencia (HP)	Rpm
155	6000
129	5000
116	4500
103	4000
78	3000
65	2500
Potencia Máx Combinada	177

Tabla 3.9 Torque Ford Escape

Par Máximo (Nm)	Rpm
184	4500
163	4000
147	3600
139	3400
131	3200
123	3000

114	2800
106	2600

3.1.6. POTENCIA Y TORQUE VEHÍCULOS CONVENCIONALES

Se consideró los valores máximos de la potencia y torque de dos vehículos convencionales, obtenidos en manuales, que nos permitirán realizar el respectivo análisis comparativo respecto a los vehículos híbridos.

Tabla 3.10 Potencia y torque máxima vehículos convencionales

Vehículo	Potencia (HP)	Torque (Nm)
Chevrolet Optra	120 a 5800 rpm.	165 a 4000 rpm.
Hyundai Accent	105 a 5800 rpm	143 a 3000 rpm

3.2. PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES

3.2.1. GENERALIDADES

Determinar los niveles de contaminación del aire generados por los vehículos híbridos y varios vehículos convencionales empleando un analizador de gases que nos permita conocer las emisiones generadas por los motores de combustión interna de los diferentes vehículos a prueba. El presente análisis nos dará a conocer si existen contaminantes en exceso en el gas de escape, con ello se lograra determinar si realmente los vehículos híbridos reducen las emisiones contaminantes.

3.2.2. ANALIZADOR DE GAS DE ESCAPE

El analizador de gas de escape mide los volúmenes de los diversos contaminantes del aire en el gas de escape, es decir: hidróxido de carbono (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), oxígeno (O_2), bióxido de carbono (CO_2).

3.2.3. PARÁMETROS DE LA PRUEBA

Se realizara la medición de las emisiones de gases con el vehículo detenido, con el motor en marcha en vacío a una temperatura de operación normal, y acelerando el motor entre 1500 y 2500 rpm.

En la tabla 3.11 se indican las emisiones de gases del escape esperadas⁸ en un motor en buen estado y que opera bajo una carga ligera en un lazo cerrado

Tabla 3.11 Condiciones óptimas de Contaminantes en el Escape

<i>CO₂</i>	10% a 15%
<i>CO y O₂</i>	0.2% a 1.5%
<i>HC</i>	200 ppm o menos
<i>NO_x</i>	400 ppm o menos

La Tabla 3.12 Muestra los valores máximos de emisiones permitidas para los vehículos a gasolina en la revisión técnica vehicular, en el Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito.

Tabla 3.12 Valores Máximos de Emisiones permitidas por la Corpaire

Modelo	CO (%V) Monóxido de Carbono	HC (ppm) Hidrocarburos	(%V) Oxigeno O₂
2000 en Adelante	1	200	5

3.2.4. RESULTADOS TOYOTA PRIUS

Los resultados del análisis en los gases de escape del vehículo Toyota Prius se muestran en la Tabla 3.13

Tabla 3.13 Análisis de Gases Toyota Prius

Vehículo	CO (%V)	HC (ppm)	O₂ (%V)	CO₂	NO_x
Toyota Prius	0	0	0	12.7	-

⁸ CROUSE - ANGLIN, Puesta a punto y rendimiento de un motor. Editorial Alfaomega, página 396

3.2.5. RESULTADOS FORD ESCAPE

Los resultados del análisis en los gases de escape del vehículo Ford Escape se muestran en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Análisis de Gases Ford Escape

Vehículo	CO (%V)	HC (ppm)	O ₂ (%V)	CO ₂	NO _x
Ford Escape	0,00	0	0	13,4	-

3.2.6. RESULTADOS VEHÍCULOS CONVENCIONALES

Los resultados del análisis en los gases de escape de varios vehículos convencionales se muestran en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 Análisis de Gases Vehículos Convencionales

Vehículo	CO (%V)	HC (ppm)	O ₂ (%V)	CO ₂	NO _x
Chevrolet Optra	0,00	21	0,07	14,40	-
Hyundai Accent	0,38	33	0	13,1	-
Chevrolet Grand Vitara 3P	0,04	26	0,03	14,50	-

3.3. PRUEBAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para la realización de estas pruebas se someterá a los vehículos: Toyota Prius, Ford Escape y Chevrolet Optra a un recorrido de carretera y ciudad, establecido bajo las mismas condiciones que nos permita conocer los índices de consumo de estos vehículos para el respectivo análisis y cuadro comparativo.

3.3.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para la presente prueba es necesario definir que el consumo de combustible es la relación de volumen quemado de combustible en función del número de kilómetros recorridos en una determinada distancia, medido en Litros por kilómetro (lt/km).

3.3.2. CONDICIONES DE LA PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Se someterá a los vehículos al mismo recorrido bajo las mismas condiciones de manejo y siguiendo los parámetros que se muestran en la tabla 3.16.

Tabla 3.16 Parámetros de la prueba de consumo de combustible

Combustible:	Súper
Distancia recorrida:	100 Km
Velocidad Promedio Carretera:	80 Km
Velocidad Promedio Ciudad:	50 Km

3.3.3. RESULTADOS DE CONSUMO TOYOTA PRIUS

Los resultados obtenidos en la prueba de ruta del vehículo Toyota Prius se muestran en la Tabla 3.17

Tabla 3.17 Consumo de Combustible Toyota Prius

Zona	Distancia	Velocidad Promedio	Consumo de Combustible
Carretera: Latacunga-Ambato-Latacunga	100 Km.	80 Km/h	7 litros
Carretera: Latacunga-Quito-Latacunga	160 Km.	90 Km/h	9,45 litros
Ciudad	100 Km.	34 Km/h	5,5 litros
Ciudad (5 min vehículo en ralentí)	0 Km.	0 Km/h	0 litros

3.3.4. RESULTADO DE CONSUMO FORD ESCAPE

Los resultados obtenidos en la prueba de ruta del vehículo Ford Escape se muestran en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18 Consumo de Combustible Ford Escape

Zona	Distancia	Velocidad Promedio	Consumo de Combustible
Carretera: Latacunga-Ambato-Latacunga	100 Km.	80 Km/h	12,5 litros
Carretera: Latacunga-	160 Km.	90 Km/h	20 litros

Quito-Latacunga			
Ciudad	100 Km.	34 Km/h	10 litros
Ciudad (5 min vehículo en ralentí)	0 Km.	0 Km/h	0 litros

3.3.5. RESULTADO DE CONSUMO CHEVROLET OPTRA

Los resultados obtenidos en la prueba de ruta del vehículo Chevrolet Optra se muestran en la Tabla 3.19

Tabla 3.19 Consumo de Combustible Chevrolet Optra

Zona	Distancia	Velocidad Promedio	Consumo de Combustible
Carretera: Latacunga-Ambato-Latacunga	100 Km.	80 Km/h	16,54 litros
Carretera: Latacunga-Quito-Latacunga	100 Km. Por confirmar	90 Km/h	26,46 litros
Ciudad	100 Km.	34 Km/h	14,85

3.4. PRUEBAS DE RUIDO

3.4.1. GENERALIDADES

Mediante la utilización de un sonómetro digital se obtiene la medición del valor real de contaminación auditiva (ruido) que pueden llegar a generar los vehículos, enfocándonos en el Motor de Combustión Interna para la realización de esta prueba. Los valores a obtener nos darán a conocer mediante el respectivo análisis, las ventajas que presentan los vehículos híbridos respecto a un convencional en cuanto a la disminución de ruido. Las unidades de medida para esta prueba son los decibeles (db.)

3.4.2. MEDIDOR DE RUIDO

El equipo a utilizar en esta prueba es un sonómetro que permite medir niveles de presión sonora, es decir mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja este sonómetro es el decibelio.

Tabla 3.20 Características del Sonómetro

Gama amplia de medición: 40 ~ 130 Db
Rango de frecuencia de medición: 300 Hz ~ 8 K Hz
Micrófono: condensador eléctrico 10 mm. (Día)
Display digital: 3,5 " LCD
Función de espera: máximo
Rápida y lenta respuesta seleccionable
Accuracy: ± 2 dB (en 94dB, K 1 Hz)

La tabla 3.20 muestra las características del sonómetro digital utilizado para las pruebas de ruido.



Figura 3.1 Sonómetro Digital

3.4.3. PARÁMETROS DE LAS PRUEBAS

Se realizan las mediciones al momento de arrancar el vehículo y al ser sometido a aceleración constante a diferentes cargas del pedal del acelerador. Tomando distintas mediciones tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Tabla 3.21 Condiciones para la realización de las pruebas de ruido

Vehículo:	Estático
Freno de mano Activado:	Activado
Posición de la Palanca:	Neutro
Lugar:	Libre de ruido

3.4.4. PRUEBA 1

Tabla 3.22 Medición de ruido en el vehículo Toyota Prius

Ubicación Sonómetro	Carga del Acelerador	Ruido (db.)	Condición
Interior del Vehículo	Máxima	70,7	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Media	73,3	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Sin carga	66,3	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Sin carga	40	Arrancar el vehículo
Interior del Vehículo	Sin carga	40	Vehículo encendido motor combustión interna apagado
Afuera del Vehículo	Máxima	73,9	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Media	79,5	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Sin carga	68,9	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Sin carga	40	arrancar el vehículo
Afuera del Vehículo	Sin carga	40	Vehículo encendido motor combustión interna apagado

3.4.5. PRUEBA 2

Tabla 3.23 Medición de ruido en el vehículo Ford Escape Híbrido

Ubicación Sonómetro	Carga del Acelerador	Ruido (db.)	Condición
Interior del Vehículo	Máxima	61,96	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Media	65,57	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Sin carga	63	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Sin carga	40	Arrancar el vehículo

Interior del Vehículo	Sin carga	40	Vehículo encendido motor combustión interna apagado
Afuera del Vehículo	Máxima	85	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Media	82	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Sin carga	81,6	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Sin carga	40	arrancar el vehículo
Afuera del Vehículo	Sin carga	40	Vehículo encendido motor combustión interna apagado

3.4.6. PRUEBA 3

Tabla 3.24 Medición de ruido en el vehículo Chevrolet Optra

Ubicación Sonómetro	Carga del Acelerador	Ruido (db.)	Condición
Interior del Vehículo	Máxima	81,00	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Media	74,5	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Sin carga	66,5	Motor de combustión interna encendido
Interior del Vehículo	Sin carga	72,1	Arrancar el vehículo
Afuera del Vehículo	Máxima	99,1	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Media	82,3	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Sin carga	69,4	Motor de combustión interna encendido
Afuera del Vehículo	Sin carga	79,6	Arrancar el vehículo

3.5. PRUEBAS ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS

3.5.1. GENERALIDADES

Reconocer y establecer las diferentes pruebas eléctricas y electrónicas que se pueden realizar en los vehículos híbridos Toyota Prius y Ford Escape, en los diferentes sistemas como la inyección electrónica empleada para el desempeño del motor y el sistema híbrido, tomando en cuenta las normas de seguridad y los peligros que esto representa al trabajar con Alto voltaje.

3.5.2. PRUEBAS ELÉCTRICAS

Las pruebas establecidas a continuación son del tipo eléctricas, pueden ser utilizadas tanto para el Toyota Prius como para el Ford Escape.

3.5.2.1. COMPROBAR CONTINUIDAD

Descripción de la prueba: Mediante esta medición podemos verificar si es que un circuito se encuentra abierto o no.

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Desconectar los conectores, tanto de la ECM como del sensor o componente a medir. Con el multímetro en la opción resistencia Ω , medir entre los distintos terminales del conector del sensor y la ECM como se muestra en la Figura 3.2

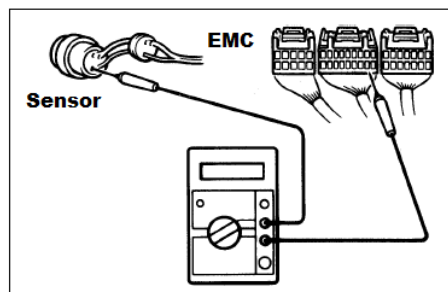


Figura 3.2 Medición de Continuidad

Resultado: El valor de resistencia obtenido en la medición debe ser 1Ω o menos, lo que nos indica que el circuito se encuentra bien.

3.5.2.2. RELES

Descripción de la prueba: Comprobar la continuidad entre los terminales de un relé, para poder verificar su correcto funcionamiento.

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: con el multímetro en la opción continuidad, medir continuidad entre los terminales 1-3 y 2-5 que se muestran en la figura 3.3

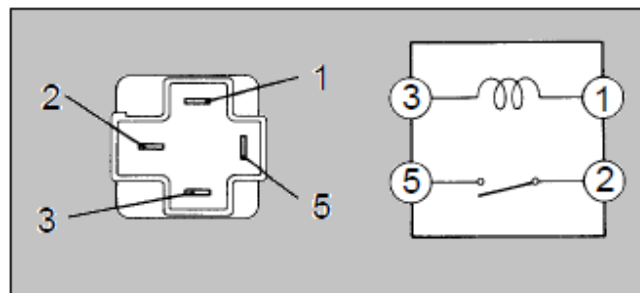


Figura 3.3 Terminales del relé

Resultado: Se obtiene los siguientes resultados mostrados en la tabla 4. de la medición de los terminales del relé.

Tabla 2.25 Mediciones en el relé

Condición	Conexión del Multímetro	Resultado
Constante	Terminales 1 y 3	Continuidad
Aplicando positivo de batería	Terminales 2 y 5	Continuidad

3.5.2.3. LUZ DE ADVERTENCIA DEL NIVEL DEL FRENO

Descripción de la prueba: Se puede inspeccionar el funcionamiento de la luz del nivel del freno mediante la medición de continuidad en el conector del depósito del líquido del freno.

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Retire la tapa del depósito y filtro, desconecte el conector, con el multímetro en la posición de continuidad, verificar la continuidad en los terminales del conector del depósito del líquido del freno como muestra la figura 3.4

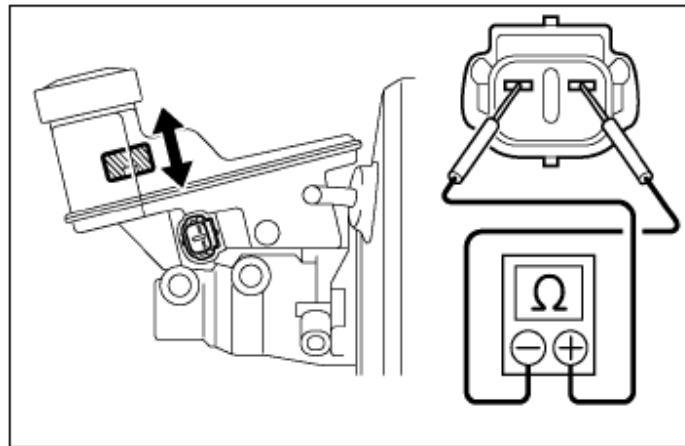


Figura 3.4 Conector del depósito del freno

Resultados: El resultado de la prueba se muestra a continuación:

- Con el switch en OFF no debe existir continuidad
- Con el switch en ON debe existir continuidad

3.5.3. PRUEBAS EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Se realizara pruebas en los principales componentes del Sistema de Inyección Electrónica, se considerara las mismas pruebas para el Toyota Prius Y Ford Escape.

3.5.3.1. SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR ECT

El sensor ECT informa a la EMC de la temperatura del anticongelante del motor, el sensor es tipo NTC, es decir que varía su resistencia en función de la temperatura del motor.

Descripción de la Prueba: Verificar los valores de la temperatura del motor mediante la medición de resistencia en el sensor ECT.

Equipo a usar: Multímetro

Condición: Vehículo encendido en frío o caliente

Procedimiento: Colocar el multímetro en la función Ohms Ω , posteriormente se medirá la resistencia entre los dos cables del sensor señal y masa con el conector conectado y el vehículo en funcionamiento.

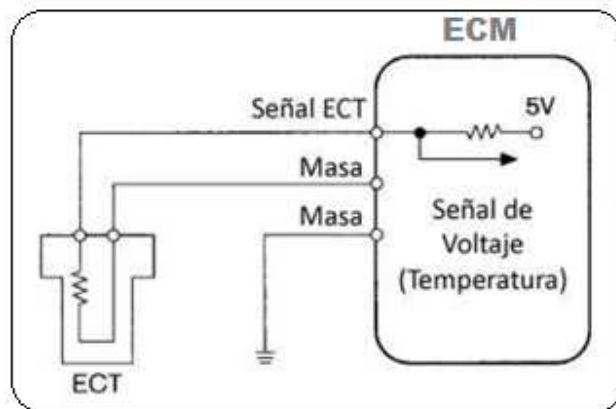


Figura 3.5 Circuito del Sensor ECT

Resultados: La tabla 3.26 muestra los resultados del valor de la resistencia a diferentes temperaturas del motor.

Tabla 2.26 Valores de resistencia del Sensor ECT

Resistencia	Temperatura
14.96 k Ω	- 20 °C
2.44 k Ω	20 °C
1.02 k Ω	40 °C
1.73 k Ω	60 °C
0.31 k Ω	80 °C

3.5.3.2. SENSOR MAF

El sensor MAF mide la cantidad de aire que ingresar por el colector de admisión e informa a la EMC de este valor, se encuentra ubicado entre el filtro de aire y el cuerpo de la mariposa de aceleración.

Descripción de la Prueba: Medir si existe señal de alimentación del sensor MAF

Equipo a usar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Desconectar el conector del sensor MAF ubicado en el colector de admisión, Colocar el switch de ignición en la posición ON, medir voltaje entre el terminal 4 del sensor MAF y masa de batería, con el milímetro en la posición Voltios.

Resultado: La medición de voltaje debe estar entre: 9 – 14 V

3.5.3.3. SENSOR DE OXÍGENO

El sensor de Oxígeno O_2 es el encargado de medir la concentración de oxígeno existente en los gases de escape.

Descripción de la Prueba: Determinar si el sensor de O_2 se encuentra trabajando, mediante la medición del voltaje.

Equipo a Utilizar: Osciloscopio

Condición: Vehículo encendido

Procedimiento: Con el vehículo encendido calentar el sensor de oxígeno a 2.500 rpm durante aproximadamente 90 segundos, posteriormente con un osciloscopio medir la tensión de salida conectando la punta positiva del osciloscopio al cable de señal del sensor de oxígeno (cable negro) y la punta negativa del osciloscopio a masa de batería. Colocar el osciloscopio en 0,5 V/División y 1 ms/División.

Resultado: Se debe obtener una gráfica como se muestra en la figura con valores de voltaje entre 0,42 V y más de 0,48, con esta medición correcta se comprueba que el sensor de oxígeno se encuentra funcionando.

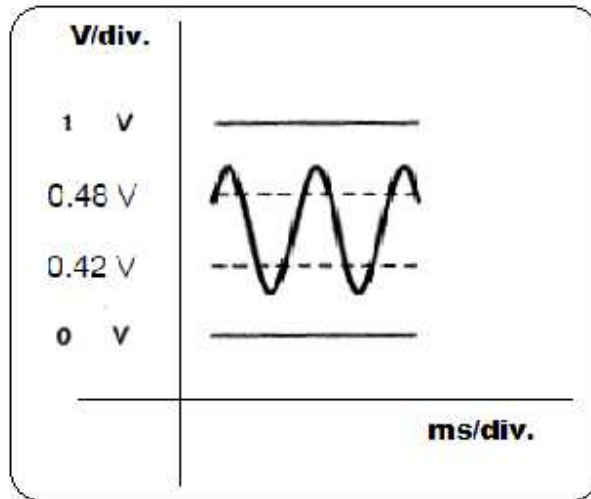


Figura 3.6. Curva del valor medido en el sensor de Oxígeno.

3.5.3.4. SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL CKP

El sensor CKP es el encargado de informar a la ECM del número de giros que realiza el cigüeñal cuando el vehículo está en funcionamiento. Este sensor es del tipo inductivo.

Descripción de la prueba: Verificar el funcionamiento del sensor CKP mediante la medición de voltaje en el cable de señal.

Equipo a utilizar: Osciloscopio

Condición: Vehículo encendido funcionando a ralentí

Procedimiento: Reconocer el cable de señal del sensor, con el osciloscopio medir el voltaje de señal utilizando la punta positiva en el cable de señal del sensor y la punta negativa del osciloscopio en masa de batería. Colocar el osciloscopio en 2 V/División y 5 ms/División.

Resultado: La figura muestra la forma de onda cuando el sensor CKP se encuentra en correcto funcionamiento

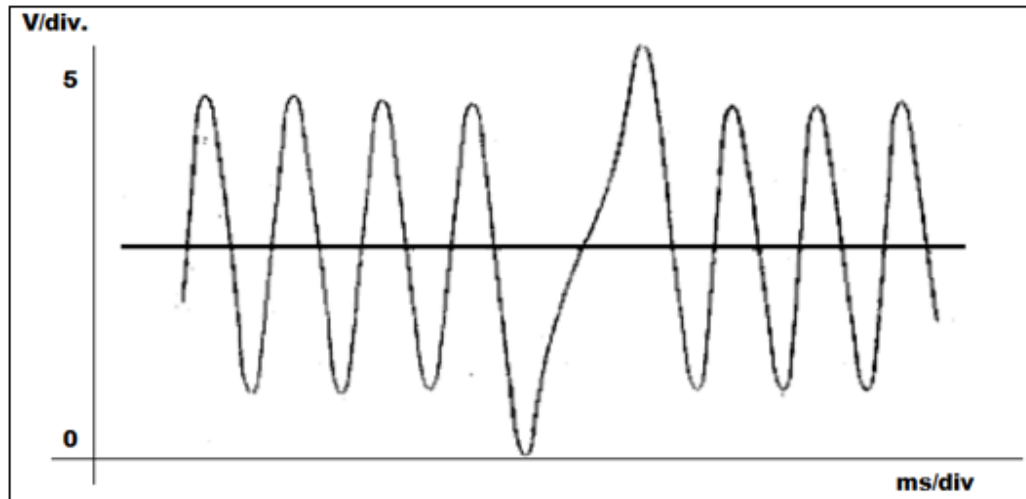


Figura 3.7 Forma de onda del sensor CKP

3.5.3.5. SISTEMA VVT-I CASO TOYOTA

VVT-i es el sistema de control de la sincronización de las válvulas de admisión en el momento más adecuado en respuesta a las condiciones de manejo, mediante la utilización de la válvula de control de aceite OCV y el controlador VVT-i los mismos que realizan cambios relativos entre el árbol de levas y el cigüeñal.

Descripción de la Prueba: Mediante la siguiente prueba se verificara el funcionamiento de la OCV.

Equipo a Utilizar: Scanner Automotriz

Condición: Vehículo encendido

Procedimiento: Con el vehículo encendido y a temperatura de funcionamiento, conectar el scanner automotriz al conector de diagnóstico ubicado por la columna de dirección en la parte del conductor, después de acceder mediante el fabricante y modelo del vehículo acceder al parámetro test de componente y verificar si el funcionamiento de la OCV. Revisar la velocidad del motor durante la prueba.

Resultado: El resultado del test debe ser el siguiente:

- Cuando el sistema VVT-i pasa de OFF a ON, la velocidad del motor debe aumentar.
- Cuando el sistema VVT-i pasa de ON a OFF, el motor debe estar detenido.

3.5.3.6. CONTROL MOTORIZADO DE LA MARIPOSA

El ECM es el encargado de controlar la aleta de aceleración mediante la señal que recibe de los sensores de posición del pedal del acelerador y actuar sobre la mariposa para abrirla o cerrarla dependiendo de la carga que exista en el pedal del acelerador. Es decir que el control motorizado de la mariposa mueve la aleta a diferentes posiciones dependiendo de las condiciones de manejo y estado del motor.

Descripción de la prueba: Comprobar el funcionamiento del Cuerpo Motorizado de la Mariposa

Equipo a utilizar: Osciloscopio

Condición: Vehículo encendido funcionando a ralentí

Procedimiento: Conectar el osciloscopio entre los terminales del conector de la EMC la punta positiva a M+ y la punta negativa a E1. Colocar el osciloscopio en 2 V/División y 5 ms/División.

Resultados: Se debe obtener la gráfica que se muestra en la figura para un correcto funcionamiento del cuerpo motorizado de aceleración

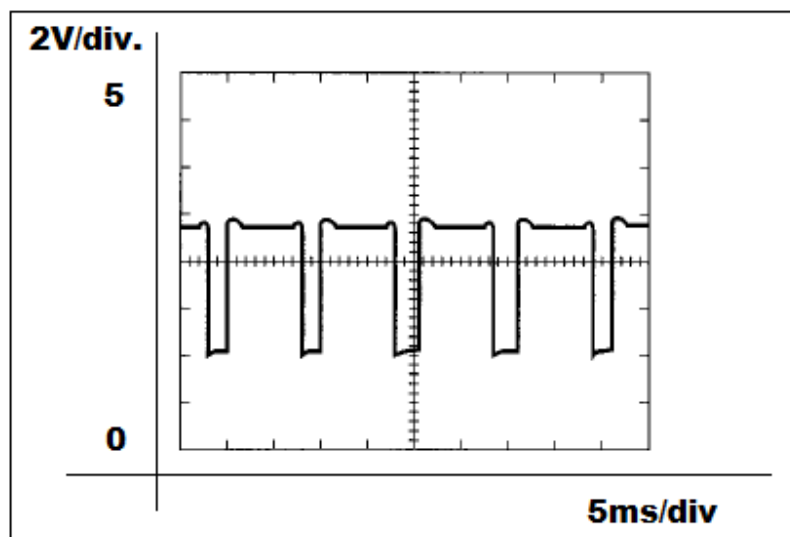


Figura 3.8 Forma de onda del control motorizado de la mariposa

3.5.3.7. MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO ECM

Las pruebas descritas a continuación son especificadas para el vehículo Toyota Prius.

3.5.3.7.1. PRUEBA 1

Se realizara la medición de Voltaje entre los terminales HTE+ y HTE- de la ECM identificados en la figura 3.9

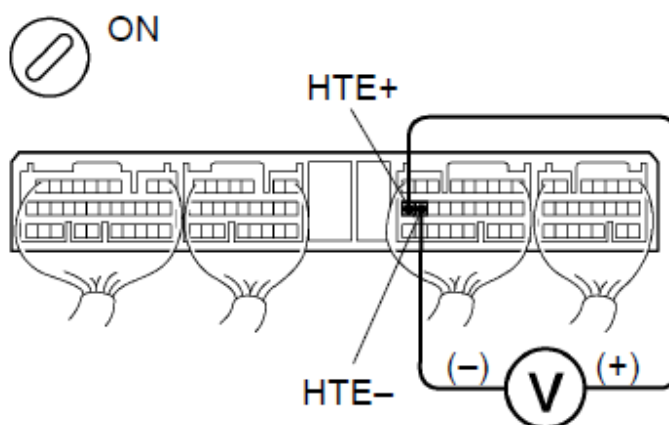


Figura 3.9 Terminales HTE+ y HTE- en el conector de la ECM

Equipo a utilizar: Osciloscopio

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Con el osciloscopio medir voltaje entre los terminales del conector del ECM HTE+ con la punta positiva y HTE- con la punta negativa. Colocar el osciloscopio en 2 V/División y 2 ms/División.

Resultado Prueba 1: La grafica que se debe obtener en el osciloscopio se muestra en la figura 3.10

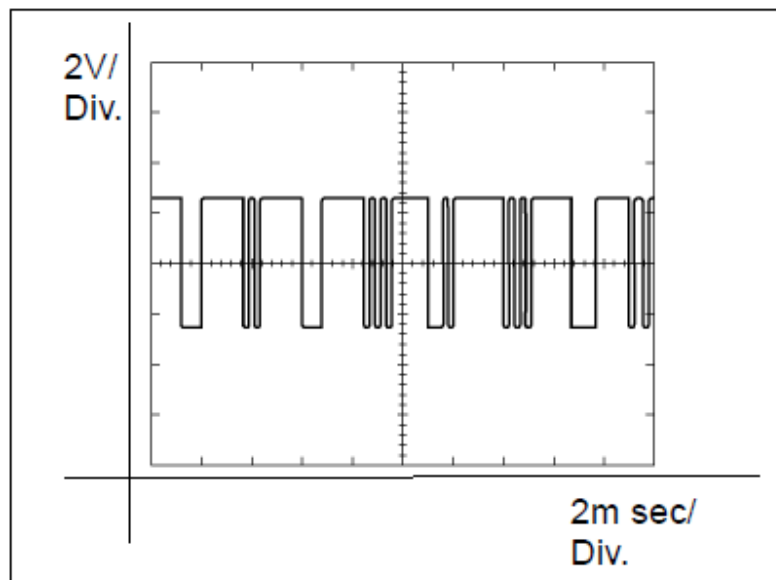


Figura 3.10 Grafica medida en el conector de la ECM

3.5.3.7.2. PRUEBA 2

Se medirá voltaje o continuidad en varios de los cables del conector del ECM para verificar el funcionamiento de varios de los componentes del sistema de inyección.

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Utilizando el Multímetro medir voltaje entre los distintos terminales del ECM.

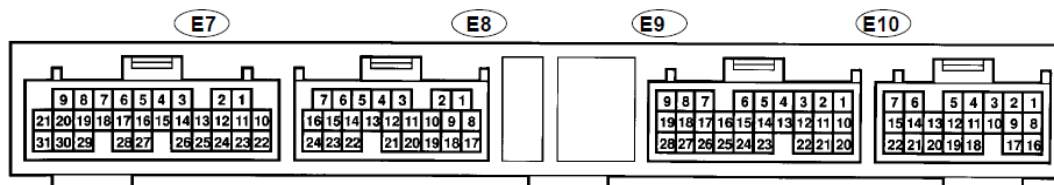


Figura 3.11 Disposición de cables en el conector de la ECM

Resultados Prueba 2: La tabla 3.27 muestra los resultados de las mediciones realizada en el conector de la ECM de acuerdo al componente medido.

Tabla 3.27 Mediciones en el conector de la ECM

Componente	Terminal	Condición	Voltaje (V)
Batería	(E8 – 3) y E1 (E8 – 17)	Siempre	9 – 14
Positivo de batería	+B (E8 – 4) y E1 (E8 – 17)	Switch en la posición Ignición ON	9 – 14
Switch de Ignición	(E10 – 9) y E1 (E8 – 17)	Switch en la posición Ignición ON	9 – 14
Sensor de posición de la aleta de aceleración	VTA (E8 23) y E2 (E8 18)	Switch en la posición Ignición ON, Aleta de la mariposa totalmente cerrada	0.4 – 1.0
		Switch en la posición Ignición ON, Aleta de la mariposa totalmente abierta	3.2 – 4.8
Sensor de posición de la aleta de aceleración 2	VTA2 (E8 21) y E2 (E8 18)	Switch en la posición Ignición ON, Pedal del acelerador liberado	2.0 – 2.9
Sensor de posición de la aleta de aceleración 2	VTA2 (E8 21) y E2 (E8 18)	Switch en la posición Ignición ON, Pedal del acelerador presionado	4.6 – 5.1
Bobina de ignición cilindro 1	IGT1 (E7 – 11) y E1 (E8 – 17)	Ralentí	Generación de pulso
Sistema de evaporación de gases	EVP1 (E7 – 29) y E1 (E8 – 17)	Switch en la posición Ignición ON	9-14
Inyector 1	(E8 – 5) y E01 (E7 –	Switch en la posición Ignición ON	9-14

	21)	Ralentí	Generación de pulso
Sensor de velocidad	(E10 – 5) y E1 (E8 – 17)	Switch en la posición Ignición ON, Rueda motriz girando lentamente	Generación de pulso

3.5.3.7.3. PRUEBA 3

Verificar la señal de alimentación de la Bomba de combustible midiendo el voltaje en el cable FC del conector del ECM.

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Remover la ECM con el conector aun conectado, colocar el switch de ignición en la posición ON. Seleccionar Voltios V en el multímetro, posteriormente medir el voltaje entre FC y masa de batería como muestra la figura 3.12

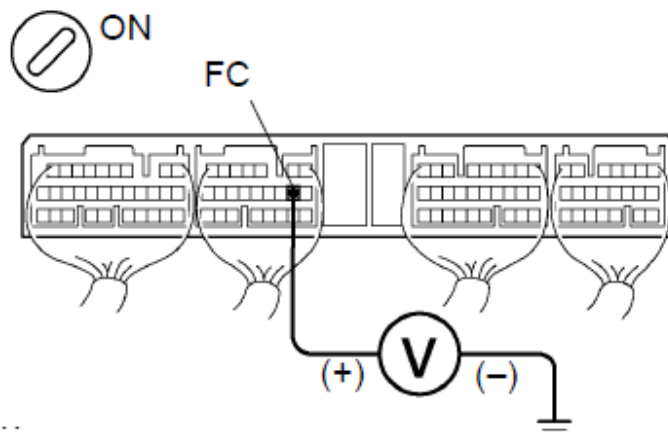


Figura 3.12 Medición de Voltaje de la Bomba de combustible

Resultado Prueba 3: La medición obtenida debe estar entre 9 – 14 Voltios, que corresponden al voltaje de alimentación de la bomba.

3.5.4. SISTEMA HÍBRIDO TOYOTA PRIUS

3.5.4.1. PRUEBA 1

Realizar mediciones en el sensor de temperatura de la batería de alto voltaje.

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Retirar la tapa de la batería, desconectar el conector del sensor de temperatura de la batería. Usando el multímetro en la posición de óhmetro Ω , medir la resistencia entre sus terminales

Resultado Prueba 1: La tabla 3.28 muestra el resultado de la prueba en los diferentes terminales de los sensores de temperatura de la batería de alto voltaje a una temperatura de 25°C para la resistencia especificada.

Tabla 3.28 Resistencia del sensor de temperatura de la batería de alto voltaje

Terminales	Resistencia 25°C
1-2	9-11 K Ω
3-4	9-11 K Ω
5-6	9-11 K Ω
7-8	9-11 K Ω
9-10	9-11 K Ω

3.5.4.2. PRUEBA 2

Verificar el funcionamiento del sensor de corriente de la batería HV mediante la medición de resistencia.

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: Con el multímetro en la posición de ohms Ω , medir la resistencia entre los diferentes terminales del conector de la figura 4.

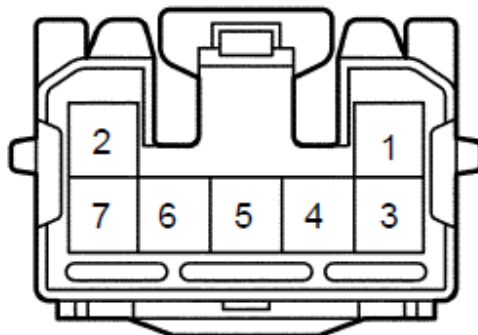


Figura 3.13 Conector del sensor de corriente de la batería HV

Resultado prueba 2: La tabla 3.29 muestra los resultados del valor de la resistencia obtenido en los diferentes terminales del conector.

Tabla 3.29 Valor de resistencia del sensor de corriente de la batería HV

Terminal	Terminal	Resistencia
6	7	30 – 50 K Ω
6	2	Más de 10 M Ω
7	6	30 – 50 K Ω
7	2	Más de 10 M Ω
2	6	300 – 400 K Ω
2	7	3 – 5 M Ω

3.5.4.3. PRUEBA 3

Comprobar el funcionamiento del convertidor mediante la verificación de la corriente de salida.

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: Desconecte el cable de alimentación MG2 del inversor, Instale la sonda de AC / DC de 400 A en el mazo de cables del conector del convertidor, conecte el cable de alimentación MG2 al inversor, cuando la lámpara del tablero este en READY, operar varios aparatos uno por uno y medir la corriente.

Resultado Prueba 3: La medición del valor de la corriente en el convertidor debe ser: 100 A o menos.

3.5.4.4. PRUEBA 4

Verificar la continuidad existente entre el Inversor y la HV ECU

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Con el multímetro en la posición para verificar continuidad, medir continuidad entre los terminales de la tabla 3.30.

Tabla 3.30 Terminales de la HV ECU y el inversor

Terminales HV ECU	Terminales en el Inversor
GIVA	G-IVA
GIVB	G-IVB
GIWA	G-IWA
GIWB	G-IWA
GIVG	G-GINV

Resultado prueba 4: El valor de resistencia medido en los terminales de la tabla 4. Debe ser 1Ω o menos.

3.5.4.5. PRUEBA 5

Verificar el funcionamiento del inversor mediante la medición de voltaje entre sus terminales.

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: Apagar el interruptor de Ignición y desconectar los 4 conectores mostrados en la figura 3. Aplicar tensión del positivo de la batería al terminal B5 (IGCT) del conector en el lado del conversor a través de un fusible, y negativo de la batería en el terminal B6 (GND) del conector, medir la tensión entre cada terminal de los conectores y tierra.

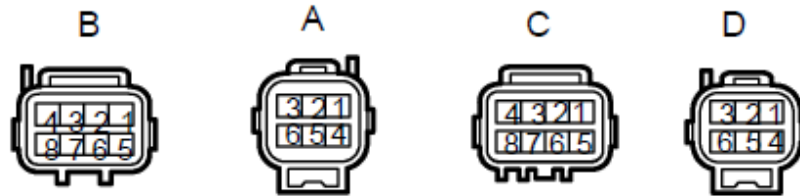


Figura 3.14 Conectores del inversor

Resultados Prueba 5: Los resultados de la medición de voltaje entre los diferentes terminales de los conectores del inversor se muestran en la tabla 3.31

Tabla 3.31 Medición de voltaje en los terminales del conector del inversor

Terminal	Condición	Valor aprox.
A, 5 D, 5	-	2 – 4.5 V
C, 5	,	0.5 – 4 V
A, 4 D, 4	Aplicar tensión de positivo de la batería a la terminal, a través de una resistencia 1 K Ω .	5 – 6 V
B, 8 C, 8 B, 7 C, 7	Conecte el terminal al terminal B 6 del conector a través de una resistencia de 10 K Ω .	7 – 12 V
A, 1 A, 2 A, 3 D, 1 D, 2 D, 3	Conecte el terminal al terminal B 6 del conector a través de una resistencia de 1 K Ω .	6 – 8 V
B, 1 B, 2		

B, 3 B, 4 C, 1 C, 2 C, 3 C, 4	-	0 V
B, 6 A, 6 D, 6	-	Continuidad

3.5.4.6. PRUEBA 6

Realizar la comprobación de varios de los componentes que intervienen en el funcionamiento de un vehículo híbrido midiendo voltaje en los diferentes terminales del conector el conector de la HV ECU.

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: Colocar el multímetro en la posición Voltios V, medir el voltaje en los diferentes terminales del conector de la figura 3.15

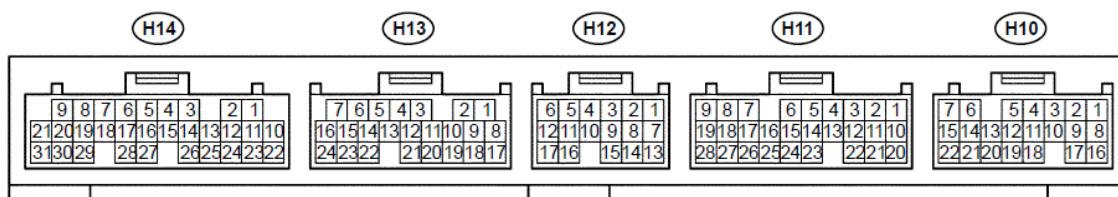


Figura 3.15 Conector de la HV ECU

Resultados Prueba 6: Los valores obtenidos en la medición de voltaje de los diferentes terminales se muestran en la tabla 3.32.

Tabla 3.32 Medición de los terminales de la HV ECU

Componente	Terminal	Condición	Voltaje (V)
Batería	(H14-3) y GND1 (H14-31)	Siempre	9 – 14

Sensor de posición del acelerador 1	VCP1 (H14-13) y GND1 (H14-31)	Switch de ignición en ON	Aprox. 5
Sensor de posición del acelerador 1	(H14-14) y GND1	Switch de ignición en ON y pedal del acelerador liberado	Aprox. 1
		Switch de ignición en ON y pedal del acelerador a fondo	Aprox. 4
Sensor de posición del acelerador 2	(H14-23) y GND1	Switch de ignición en ON	Aprox. 5
Sensor de posición del acelerador 2	(H14-15) y GND1	Switch de ignición en ON y pedal del acelerador liberado	Aprox. 1
		Switch de ignición en ON y pedal del acelerador a fondo	Aprox. 4
Interruptor luz del freno	(H14-2) y GND1	El pedal del freno está presionado	Menos de 0.5
		Pedal del freno liberado	9 - 14
Sistema de control de crucero	(H14-1) y GND1	El pedal del freno está presionado	9 - 14
		Pedal del freno liberado	Menos de 0.5
Corriente de la batería	(H14 25) y GB (H14 26)	Switch de ignición en OFF	Menos de 1
		Switch de ignición de la posición ON a Start	0,5 - 4,5
Cambio	(H13-11) y GSFT (H13 21)	Palanca posición P	Aprox. 0.5
		Palanca posición R	Aprox. 2,8
		Palanca posición N	Aprox. 3,4
		Palanca posición D	Aprox. 4,0
		Palanca posición B	Aprox. 4,5

3.5.5. SISTEMA ABS TOYOTA PRIUS

3.5.5.1. PRUEBA 1

Determinar el funcionamiento del sistema ABS mediante la medición de voltaje en la Unidad de control del frenado.

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Con un multímetro medir la tensión y la resistencia entre los terminales descritos en la tabla 3.33 ubicados en la unidad de control del frenado

Resultados Prueba 1: La tabla 3.33 Muestra los datos obtenidos en la medición de voltaje y resistencia de los terminales del conector de la unidad de control de frenado.

Tabla 3.33 Resistencia en los terminales de la unidad de control de frenado

Terminal	Medición	Condición
(B) 6, (C) 1 y GND	Aproximadamente 12 V	Switch de ignición ON
(D) 22 y GND	Aproximadamente 12 V	Siempre
(A) 6, (A)31 y GND	Continuidad	Siempre

3.5.5.2. PRUEBA 2

Determinar el funcionamiento del sistema ABS mediante la medición de resistencia en el sensor de velocidad del ABS.

Equipo a utilizar: Multímetro

Condición: Vehículo detenido

Procedimiento: Con un multímetro en la opción de ohms Ω , medir la resistencia entre los terminales descritos en la tabla 3.

Resultado Prueba 2: Los valores de resistencia obtenidos en la prueba se muestran en la tabla 3.32

Tabla 3.34 Valores de resistencia del sensor de velocidad del ABS

Terminal	Medición	Condición
A4, A5	1.4–1.8 k Ω	20°C
A23, A24	1.04–1.3 k Ω	20°C,

3.5.6. SISTEMA AUTOMÁTICO DE CAMBIOS

3.5.6.1. PRUEBA 1

Inspección en el sensor de posición de cambios mediante medición de continuidad

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: Retirar la cubierta de la columna de dirección superior e inferior, desconectar el sensor de Posición de Cambios, con el Multímetro en la posición de continuidad, comprobar continuidad entre los terminales que se muestra en la figura 4, cuando la palanca de cambios se mueve en cada posición.



Figura 3.16 Conector del sensor de posición de cambios

Resultado Prueba 1: Los resultados obtenidos en la medición de continuidad del conector del sensor de posición de cambios se muestran en la tabla 4.

Tabla 3.35 Continuidad del sensor de posición de cambios

Cambios	Continuidad del terminal	Continuidad de los terminales
P	1 – 2	3 – 8 – 9
R	1 – 4	3 – 8 – 9
N	1 – 5	3 – 8 – 9
D	1 – 6	3 – 8 – 9

3.5.6.2. PRUEBA 2

Realizar mediciones de voltaje en la ECU del bloqueo de cambios

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: Utilizando el multímetro en la posición de voltaje medir la tensión entre los diferentes terminales descritos en la tabla 3.36.

Resultado Prueba 2: Las mediciones de voltaje obtenidas en los diferentes terminales se muestran en la tabla 3.36.

Tabla 3.36 Valores de voltaje de la ECU del bloqueo de cambios

Terminal	Condición de medición	Voltaje
A 1 – A5	Interruptor de encendido ACC	10 – 14
A, 3 – A5	Interruptor de encendido ON	10 – 14
A6 – A5	Al oprimir el pedal de freno	10 – 14
A4 – A5	Interruptor de encendido ACC y posición P	0
	Interruptor de encendido ACC excepto la posición P	7.5 – 11
	Interruptor de encendido ACC excepto la posición P position (después de aproximadamente 1 segundo)	6 – 9.5
B1 – B5	Interruptor de encendido ON, posición P y oprimir el pedal del freno	0
B6 – B4	Interruptor de encendido ACC y posición P	9 – 13.5

3.5.6.3. PRUEBA 3

Inspección de la electroválvula de bloqueo de cambios.

Equipo a utilizar: Multímetro

Procedimiento: Desconectar la electroválvula, con el multímetro en la función ohms, medir la resistencia entre sus terminales como se muestra en la figura 4.

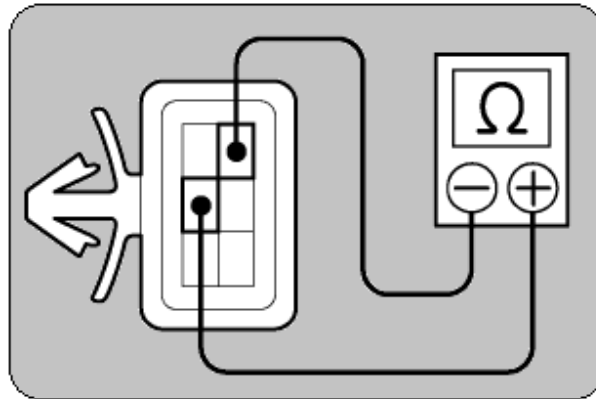


Figura 3.17 Medición de voltaje de la electroválvula

Resultado Prueba 3: El valor de la resistencia medido debe estar entre: 29 – 35Ω, en caso de no ser la especificada cambiar el solenoide.

3.5.6.4. PRUEBA 4

Comprobar la operación del solenoide de bloqueo de cambios

Equipo a utilizar: Batería 12V

Procedimiento: Aplique voltaje de la batería entre los terminales del solenoide como se muestra en la figura 4

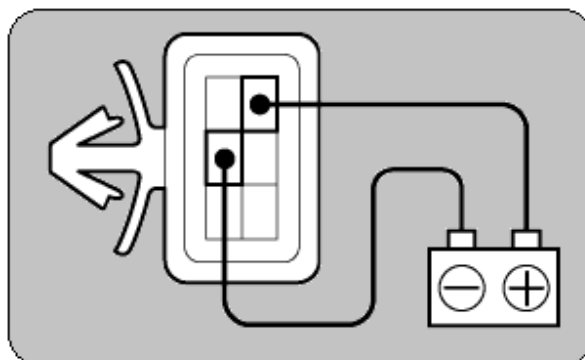


Figura 3.18 Comprobaciones de funcionamiento del solenoide

Resultado Prueba 4: El solenoide debe de funcionar, si el solenoide no funciona, reemplace el solenoide

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. RENDIMIENTO

4.1.1. DESEMPEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO

Para el presente análisis se considerara las pruebas de desempeño del sistema híbrido en carretera y en ciudad realizadas en los vehículos híbridos.

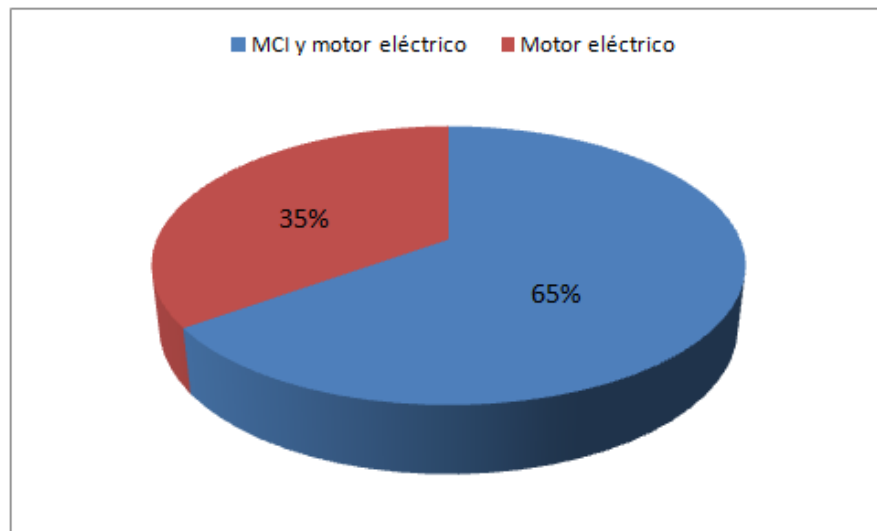


Figura 4.1 Desempeño Toyota Prius en carretera

La figura 4.1 muestra la cantidad de tiempo (%) que el motor eléctrico y el motor térmico estuvieron trabajando, mediante lo cual podemos decir que un 65% del tiempo en carretera funcionaron el motor térmico y eléctrico en combinación mientras que el motor eléctrico trabajo solo durante un 35% del tiempo.

Durante la prueba de carretera se comprobó que mientras más se exigía al motor de combustión interna más tiempo pasaba encendido, precisamente cuando el pedal del acelerador se encontraba a fondo, esto debido a las condiciones de carretera existentes en nuestro país.

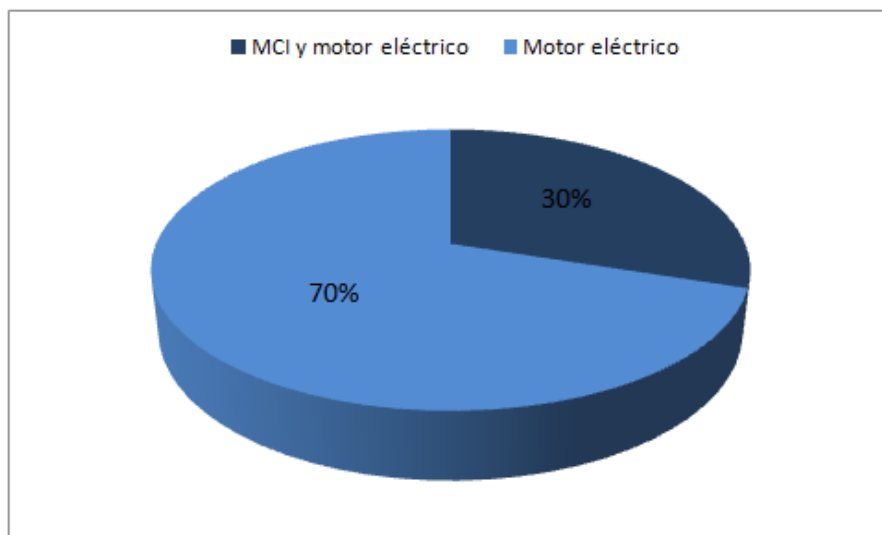


Figura 4.2 Desempeño Toyota Prius en ciudad

La figura 4.2 muestra la cantidad de tiempo (%) que el motor eléctrico y el motor térmico estuvieron trabajando, debido a las condiciones de manejo que existen en una ciudad la mayor parte del tiempo paso encendido solo el motor eléctrico, la velocidad del vehículo fue baja por la presencia de semáforos, calles y peatones. Cuando la velocidad aumentaba en función a las rpm del motor, con el acelerador a fondo, el sistema combinado motor térmico y eléctrico funcionaba.

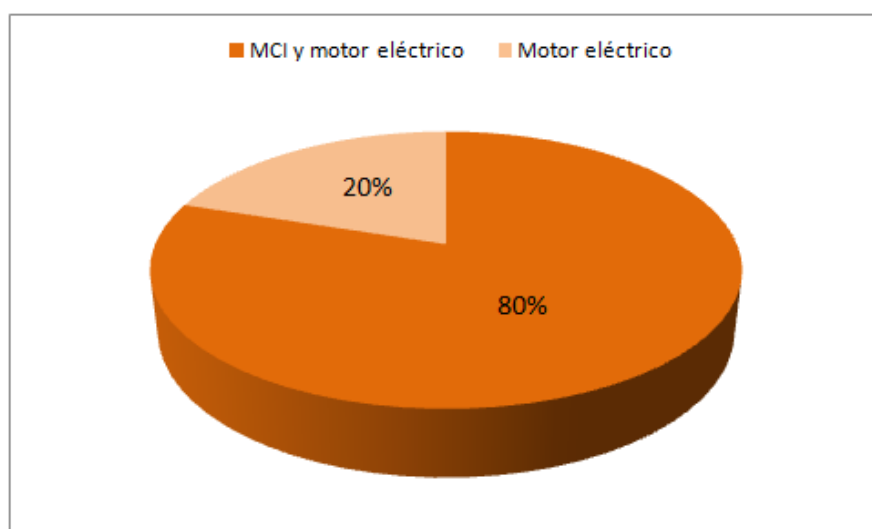


Figura 4.3 Desempeño Ford Escape en carretera

La figura 4,3 muestra la cantidad de tiempo (%) que el motor eléctrico y el motor térmico estuvieron trabajando, de acuerdo a los resultados obtenidos, mayor parte del tiempo pasa encendido el motor de combustión interna trabajando en conjunto con el motor eléctrico mientras el motor eléctrico funciona durante intervalos de tiempo muy cortos y solo cuando se circulaba a bajas velocidades de 20 a 40 Km/h.

Se pudo comprobar que el Ford Escape Híbrido debido a sus condiciones de funcionamiento durante el recorrido en carretera al sobrepasar los 40 Km/h, siempre estuvo en funcionamiento el motor de combustión interna, con el pedal del acelerador a media carga y a carga total.

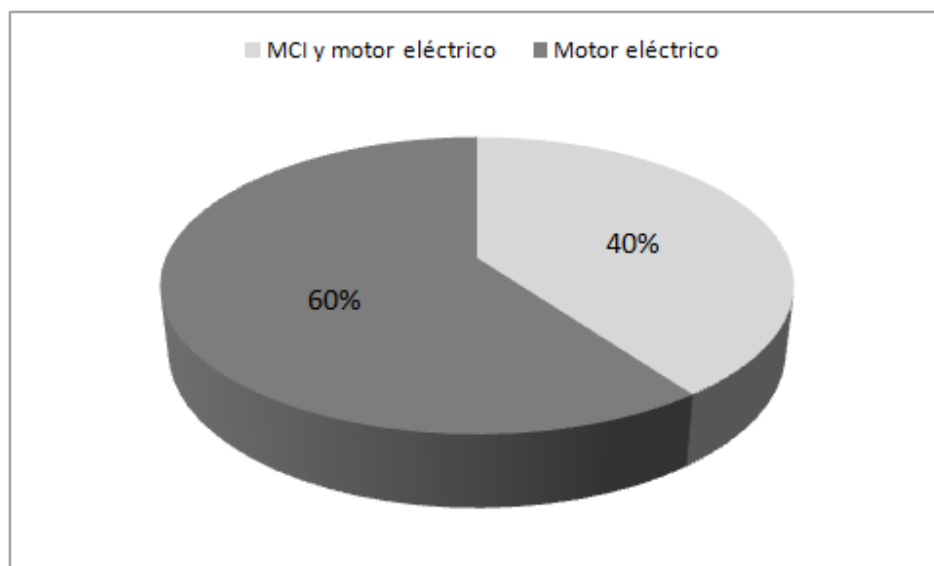


Figura 4.4 Desempeño Ford Escape en ciudad

La figura 4.4 muestra la cantidad de tiempo (%) que el MCI y el motor eléctrico estuvieron funcionando durante la prueba de recorrido en ciudad, se obtuvo que 60% del tiempo paso prendido solo el motor eléctrico, debido que se circuló a velocidades bajas de entre 20 y 40 Km/h, mientras que un 40% restante paso encendido el MCI y el motor eléctrico.

Los dos vehículos híbridos durante las pruebas de ruta al someterse a frenado entraban en modo de carga de batería, debido a que poseen el freno regenerativo que aprovecha la energía del frenado para cargar la batería de alto voltaje.

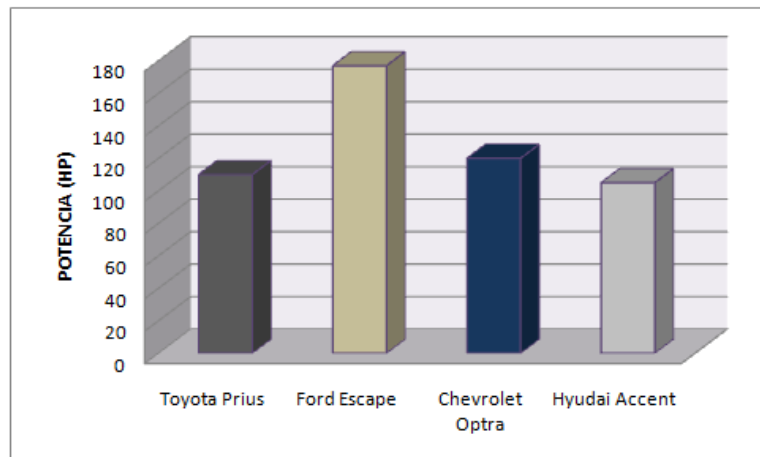


Figura 4.5 Potencia Máxima Vehículos Híbridos y Convencionales

La figura 4 muestra la potencia máxima generada por los vehículos híbridos y convencionales, de acuerdo a la gráfica podemos observar que el Ford Escape genera mayor potencia debido a sus características de todoterreno y por su motor de 2.5 litros, sin embargo el Toyota Prius en similares características a los vehículos convencionales genera 8% menos de potencia respecto al Chevrolet Optra y 5% más que el Hyundai Accent.

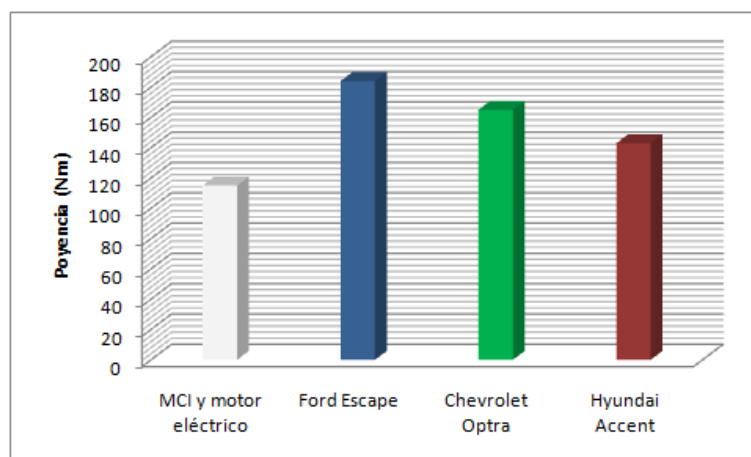


Figura 4.6 Torque Máximo Vehículos Híbridos y Convencionales

La figura 4.6 muestra el torque máximo desarrollado por los diferentes vehículos antes mencionados, de los resultados podemos decir que el Ford Escape es el vehículo que genera más torque por las características de su motor y por ser del tipo SUV, mientras que el Toyota Prius desarrolla menos torque alcanzando 115 Nm, considerando solo el motor de combustión interna.

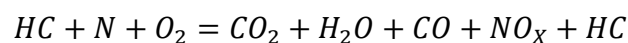
4.2. EMISIÓN DE GASES

Para realizar nuestro análisis del resultado obtenido en esta prueba, es necesario conocer que ocurre en la combustión que se produce en el cilindro y su ecuación.

4.2.1. ECUACIÓN DE LA COMBUSTIÓN⁹

En el caso de los motores en estudio utilizan la gasolina como combustible, sabiendo que la gasolina es un hidrocarburo (*HC*) formado por hidrogeno y carbono, si la combustión fuera perfecta se quemaría toda la gasolina en el cilindro, pero como esto no ocurre parte del vapor de gasolina no se quema, sale del cilindro formando parte del gas de escape junto con el monóxido de carbono (*CO*) y los dióxidos de nitrógeno (*NO_x*) que se forman.

La ecuación representa lo que ocurre durante la combustión en un cilindro del motor



La combustión se inicia al quemarse el combustible en presencia de nitrógeno y oxígeno esto hace que haya trabajo sobre el pistón, los HC presentes al otro lado de la ecuación representan vapor de gasolina no quemada, además de ello se forman otros compuestos como: monóxido de carbono (producto de una combustión incompleta), bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y vapor de agua.

⁹ CROUSE - ANGLIN, Puesta a punto y rendimiento de un motor. Editorial Alfaomega, Capítulo 8

4.2.2. NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN EL AIRE DE QUITO¹⁰

En base a datos aleatorios obtenidos en la Corpaire durante los meses de Junio y Julio del 2011, en la tabla 4 se demuestra que existe contaminación emitida por los gases de escape de los vehículos, camiones y buses.

Tabla 4.1 Niveles de contaminantes en el Aire de Quito

Día/Mes/Año	Nivel	Monóxido de Carbono (ug/m^3)
04/07/2011	Precaución	12
02/07/2011	Precaución	12
29/06/2011	Precaución	13
25/06/2011	Precaución	14
20/06/2011	Alerta	16

De los datos mostrados en la tabla 4.1 Podemos observar claramente que parte de la contaminación del aire es generada por los vehículos convencionales existe un nivel de precaución y alerta considerando que existe un control para la emisión de gases determinado mediante la Corpaire, mientras que en las demás ciudades del país no se tiene un control en la regulación de los gases de escape.

4.2.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GASES EN LOS DIFERENTES VEHÍCULOS

La figura 4.7 muestra la cantidad de CO que emiten los diferentes vehículos, obteniendo como resultado que los vehículos híbridos Toyota Prius y Ford Escape no emiten contaminantes de CO cuando se encuentra trabajando el MCI debido a las características de sus motores y a las condiciones de funcionamiento del sistema híbrido, mientras tanto que los vehículos convencionales cumplen con la norma vigente de emitir menos de 1% de Volumen de CO siendo el Hyundai Accent el vehículo de mayor generación de CO en las pruebas realizadas.

¹⁰ <http://remmaq.corpaire.org/>

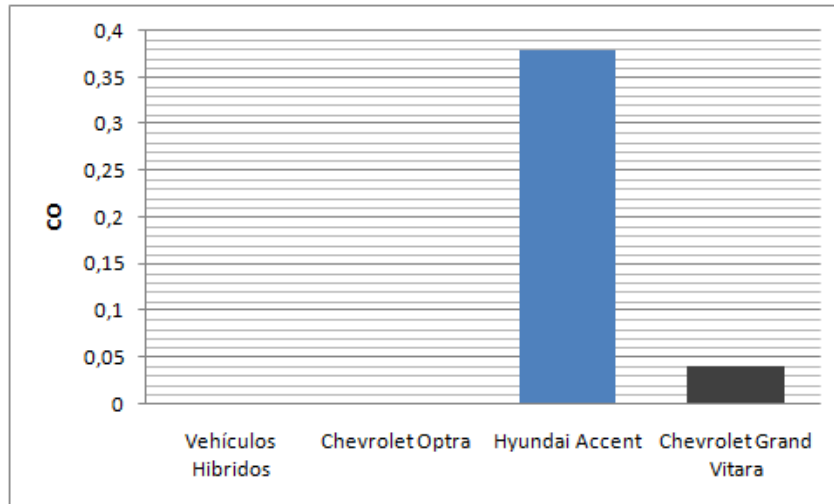


Figura 4.7 Cantidad de CO

La figura 4.8 muestra la cantidad de HC que emitieron los diferentes vehículos en las pruebas de emisión de gases realizadas, los vehículos híbridos en análisis no presentaron generación de HC durante las condiciones de medición de la prueba el parámetro obtenido fue de 0%, mientras que los vehículos convencionales se mantienen por debajo de los parámetros permitidos por la Corpaire, sigue siendo el Hyundai Accent el que genera mayor emisiones en este caso de HC.

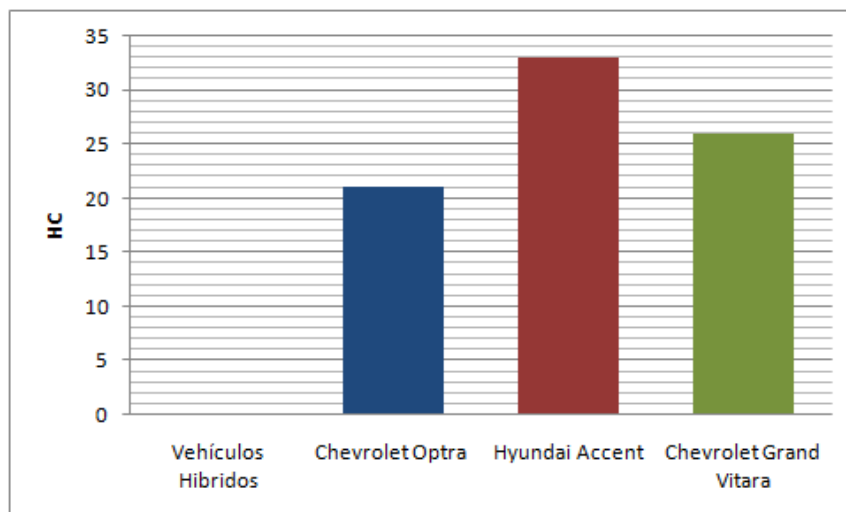


Figura 4.8 Cantidad de HC

La figura 4.9 muestra la cantidad de oxígeno O₂ que generaron los vehículos durante la prueba de emisión de gases siendo los vehículos híbridos los que generaron 0% de volumen de oxígeno conjuntamente con el Hyundai Accent, mientras que existió mayor presencia de oxígeno en el Chevrolet Optra con 0,07% de O₂ y 0,03% de O₂ en el Chevrolet Grand Vitara. Ninguno de los vehículos supera el límite establecido para los niveles de O₂.

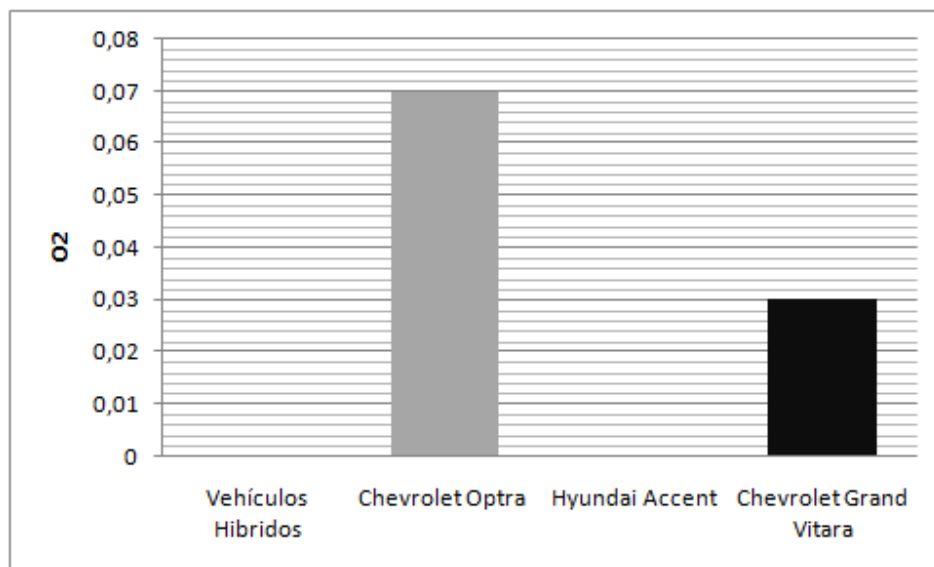


Figura 4.9 Cantidad de O₂

La figura 4.10 muestra la cantidad de dióxido de carbono CO₂ que emitieron los vehículos durante la prueba de análisis de gases, se determinó que el Toyota Prius genero menos cantidad de CO₂ con un 12,7%, mientras que el Chevrolet Grand Vitara genero más cantidad de CO₂, el Ford Escape genero 13,4 CO₂. Aun no existen límites en el control de CO₂ generado por los vehículos en el Ecuador puesto que la Corpaire solo considera parámetros para CO, O₂, HC. De acuerdo a los parámetros normales de CO₂ que deben de emitir los vehículos todos se encuentran dentro de 10 – 15 % que son los parámetros normales.

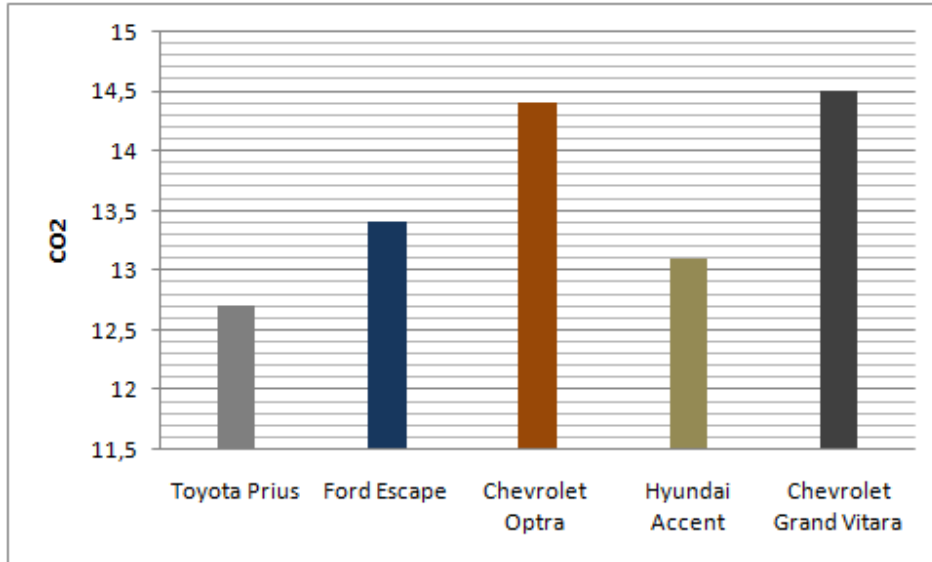


Figura 4.10 Cantidad de CO2

No existió presencia de NOx en ninguna de las mediciones realizadas en los vehículos, puesto que la mayoría son carros con menos de 50.000 km y debido a las condiciones de la prueba.

4.3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

De acuerdo a los datos obtenidos en las pruebas de consumo de combustible de los dos vehículos híbridos y un vehículo convencional, se realiza las siguientes graficas:

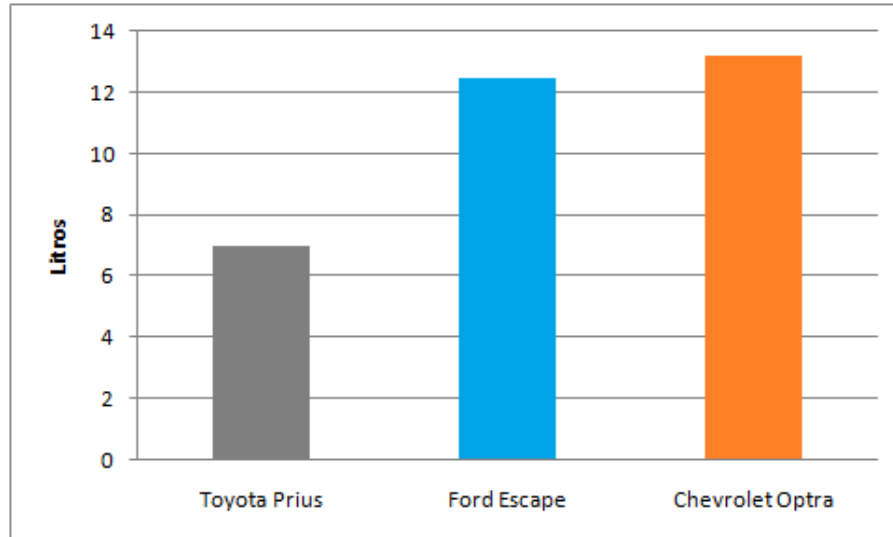


Figura 4.11 Consumo de Combustible Carretera (Latacunga-Ambato-Latacunga)
 La figura 4.11 muestra los resultados obtenidos en la prueba de consumo de combustible realizada durante el recorrido de 100 km, en la vía Latacunga-Ambato-Latacunga, claramente se observa que el vehículo convencional es el que consume más combustible, seguido por una mínima diferencia de valor por el vehículo Ford Escape, mientras que el Toyota Prius obtuvo el mejor resultado al consumir 7 litros reduciendo el consumo de combustible en un 47% respecto al Chevrolet Optra, logrando ser el auto más económico al momento de ahorrar combustible.

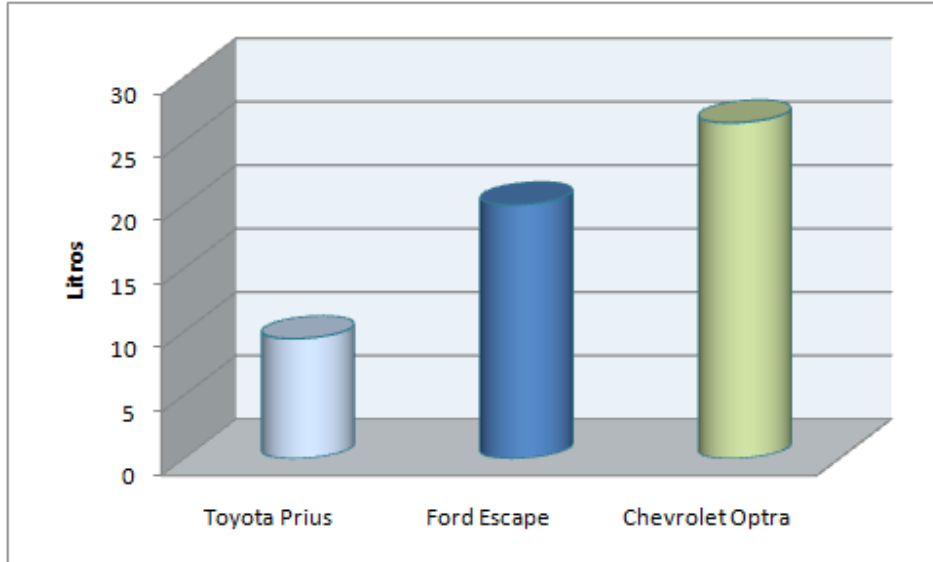


Figura 4.12 Consumo de Combustible Carretera (Latacunga-Quito-Latacunga)

La figura 4.12 muestra los resultados obtenidos en la prueba de consumo de combustible realizada durante el recorrido de 160 km, en la vía Latacunga-Quito-Latacunga, es evidente que el vehículo convencional consumió más combustible, mientras que el consumo del Ford Escape fue un tanto menor, el Toyota Prius se mantiene como el vehículo más ahorrador logrando reducir en más del 50% la cantidad de combustible consumido.

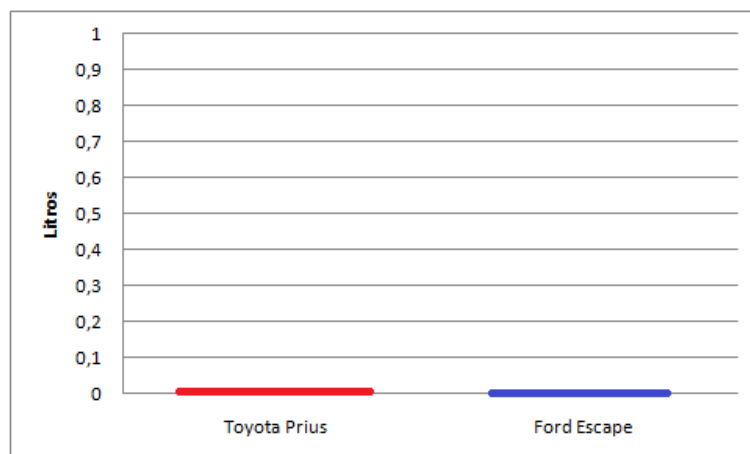


Figura 4.13 Consumo de Combustible en ciudad Vehículos Híbridos

La figura 4.13 muestra la cantidad de combustible que consumen los vehículos híbridos en la ciudad durante un intervalo de tiempo de 5 minutos, considerando que los vehículos se encuentran en ralentí, la gráfica muestra que el consumo durante esta prueba fue de cero litros, debido a que el motor de combustión interna se encontraba apagado mientras que el motor eléctrico se encontraba trabajando, logrando reducir el consumo de combustible al 100%.

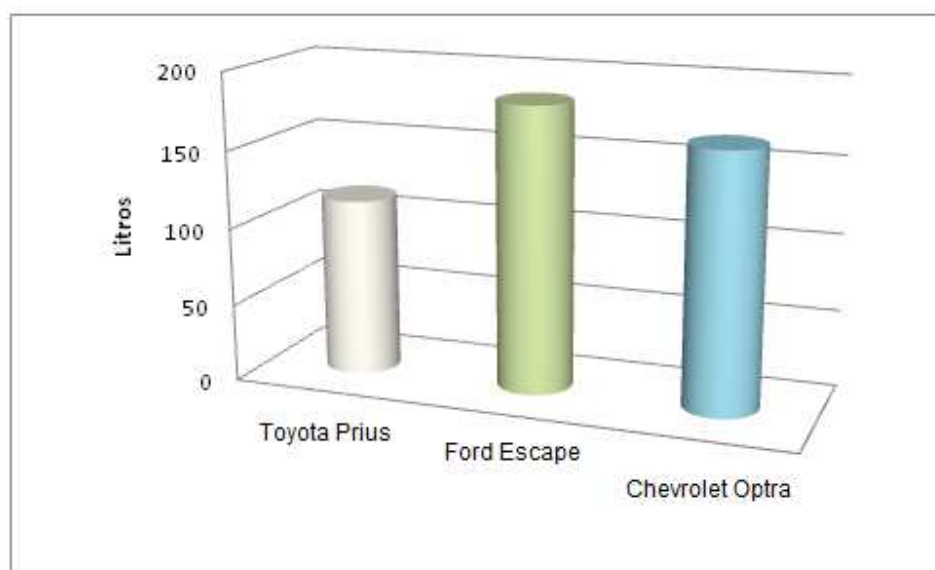


Figura 4.14 Consumo de combustible en Ciudad

La figura 4.14 muestra la cantidad de combustible en litros que consumieron los vehículos en la prueba desarrollada en ciudad, de acuerdo a los resultados podemos decir que se mantiene el Chevrolet Optra como el vehículo que consume más cantidad de combustible, mientras que el Toyota Prius reduce el consumo en un 60% respecto al vehículo convencional.

La tabla 4.2 muestra la cantidad de combustible en porcentaje, que logra reducir el Toyota Prius en comparación al vehículo convencional, durante las pruebas de ruta realizadas.

Tabla 4.2 Ahorro de combustible Toyota Prius

Zona	Distancia	Ahorro de Combustible (%)
Carretera	100 km.	47
Carretera	160 km.	50
Ciudad	100 km.	60
Ciudad	0 km.	100

4.4. RUIDO

Los resultados que se logró obtener después de las mediciones de ruido generadas por los vehículos híbridos se muestran en las siguientes graficas:

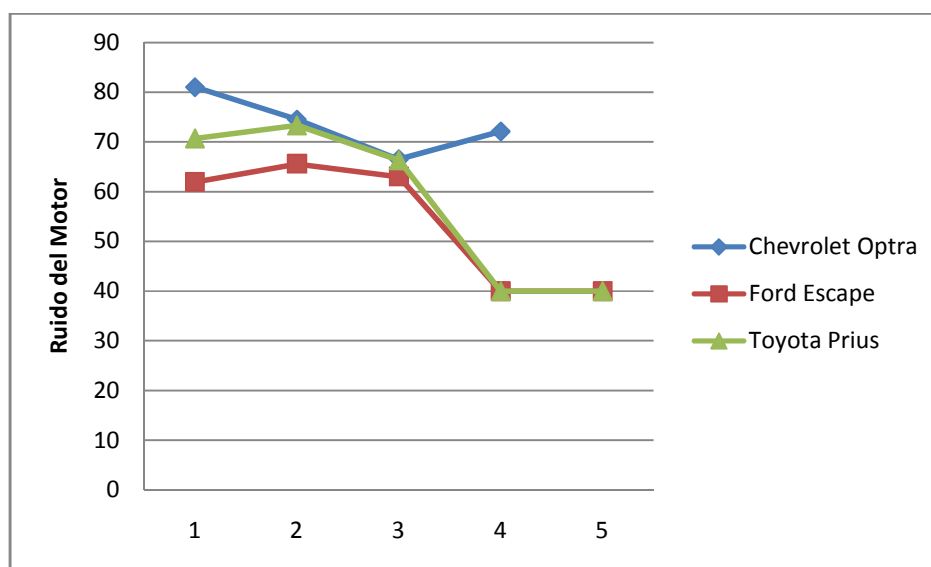


Figura 4.15 Ruido en el interior de los vehículos

La figura 4.15 indica la cantidad de ruido que emiten los tres vehículos en el interior, los resultados muestran que el vehículo que genera más ruido es el Chevrolet Optra en el punto 1 de aceleración total y en el punto 4 momento del arranque, mientras que en el punto 2 y 3 con carga media y ralentí se llega a valores similares entre el Toyota Prius y el Chevrolet Optra. Fácilmente podemos determinar que el vehículo Ford

Escape género menor ruido durante las pruebas. Mientras tanto en los puntos 4 y 5 no existe generación de ruido debido a que los Motores de Combustión Interna se encuentran apagados, la medición más baja del sonómetro fue 40 db.

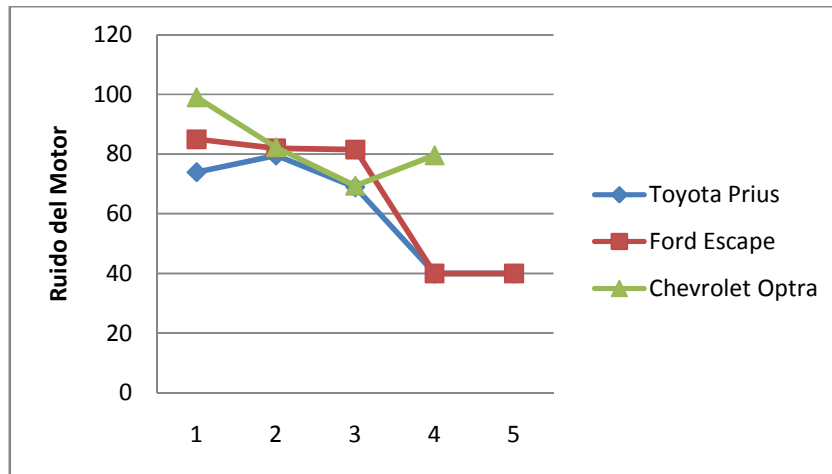


Figura 4.16 Ruido afuera del vehículo

La figura 4.16 nos indica la cantidad de ruido percibido fuera de los vehículos, nos podemos dar cuenta que todos los datos a excepción de los puntos 4 y 5, la cantidad de ruido generado fue mayor que la medida en el interior de cada vehículo, podemos observar que el vehículo Chevrolet Optra genera mayor ruido llegando a un valor de 99,1 db. El Ford Escape genero más ruido en el punto 3 en ralentí debido a su motor de 2.5 litros. El Toyota Prius género menor ruido, mientras que las condiciones de generación de ruido cuando el Motor de Combustión Interna esta apaga se mantuvieron en bajo nivele en el punto 4 y 5

Se determinó mediante las pruebas de ruido que los vehículos híbridos si representan una alternativa al momento de no contaminar auditivamente las calles de ciudades y carreteras, cuando se encuentra funcionando eléctricamente los niveles de ruido se reducen prácticamente en un 80%. Mientras que al funcionar el MCI los valores de ruido son similares a un vehículo convencional.

CAPÍTULO V
GUÍAS DE LABORATORIO



Guía de Laboratorio
Nº 1



Tema: Sistema de Inyección electrónica

Objetivos.-

- Reconocer los diferentes componentes que intervienen en la inyección electrónica
- Conocer el funcionamiento de los diferentes sensores existentes en el vehículo
- Poder determinar posibles fallas.

Preguntas de repaso.-

¿Qué es inyección electrónica?

Principales componentes del Sistema de Inyección Electrónica

¿Qué es sensor?

¿Qué es actuador?

Desarrollo de la Práctica.-

Materiales y Equipo
Multímetro Digital
Osciloscopio
Mandil
Vehículo Ford Escape/Toyota Prius

Procedimiento 1.-

- Colocar el multímetro en la posición Voltios (V).
- Con el vehículo detenido, poner el switch de ignición en la posición ON.
- Identificar los sensores principales del vehículo.
- Medir voltaje en los cables del conector del sensor colocando la punta positiva en cable del sensor y la punta negativa a masa de batería.

Resultados 1.-

Escribir las mediciones de voltaje obtenidas en la siguiente tabla.

Sensor / Actuador	Voltaje de Señal (V)	Voltaje de referencia (V)	Voltaje de masa (V)
Sensor MAF			
Sensor CKP			
Sensor APP			
Sensor IAT			
Sensor ECT			
Inyector 1			
Inyector 2			
Inyector 3			
Inyector 4			

Procedimiento 2.-

- Configurar el osciloscopio para medir voltaje en V/div y ms/div deseados, para poder observar la grafica
- Encender el vehículo, dejarlo estable en ralentí
- Identificar el sensor de Oxigeno y el inyector más cercano
- Colocar la punta positiva del osciloscopio en el cable de señal del conector del sensor/actuador y colocar la punta negativa a masa de batería.

Nota: En el sensor de Oxigeno el cable negro es señal, en el inyector el cable de señal corresponde a masa del sensor. Considerar 0.5 V/div para el sensor de oxigeno y 5V/div para el inyector en el osciloscopio.

Resultado 2.-

Grafique la señal de voltaje mostrada por el osciloscopio para los dos casos.

Inyector	Sensor de Oxigeno
----------	-------------------

Describe su interpretación de las dos Graficas anteriores:

Procedimiento 3.-

- Colocar el multímetro en la posición para medir Resistencia (Ω).
- Encender el vehículo, dejar en ralentí
- Identificar el sensor de temperatura del motor ECT
- Medir resistencia entre los dos cables del conector del sensor ECT, realizar la medición en frío y caliente.

Resultado 3.-

Escribir las mediciones de resistencia obtenidas en la siguiente tabla.

Condición	Resistencia (Ω)
Motor frío	
Motor caliente	

Explique: ¿Por qué cambio el valor de la resistencia?

Conclusiones;-

Recomendaciones.-



Guía de Laboratorio
Nº 2



Tema: Sistema ABS Toyota Prius

Objetivos.-

- Identificar los componentes del sistema ABS del vehículo Toyota Prius.
- Ser capaces de diagnosticar posible fallas en los sensores del ABS.
- Entender el funcionamiento del sistema ABC.

Preguntas de Repaso.-

¿Qué es el sistema ABS?

¿Cómo funciona el sistema ABS en un vehículo?

Describe los componentes más importantes del sistema ABS

Materiales.-

Materiales y Equipo
Multímetro Digital
Mandil
Vehículo Toyota Prius

Procedimiento 1.-

- Determinar la ubicación de la unidad de control de frenado (Cabina interior de bajo del panel de instrumentos).
- Con un multímetro en la posición Voltaje V medir la tensión entre los terminales de la unidad de control de frenado descritos a continuación::

B6, C1 y GND
D22 y GND
A6, A31 y GND

- Con un multímetro en la posición ohms Ω , medir la resistencia entre los terminales descritos en la tabla anterior

Resultados 1.-

Escriba los resultados de la medición de resistencia y voltaje en la siguiente tabla:

Terminal	Medición
(B) 6, (C) 1 y GND	
(D) 22 y GND	
(A) 6, (A)31 y GND	

Procedimiento 2.-

- Identificar la ubicación del sensor de velocidad del ABS.
- Colocar el multímetro en la opción de ohms Ω
- Medir la resistencia entre los terminales del sensor de velocidad del ABS

Resultado 2.-

Escribir el resultado de la medición de resistencia en la siguiente:

Terminal	Medición	Condición
A4, A5	1.4–1.8 k Ω	20°C
A23, A24	1.04–1.3 k Ω	20°C,

Conclusiones.-

Recomendaciones.-



Guía de Laboratorio
Nº 3



Tema: Sistema automático de cambios Toyota Prius

Objetivos.-

- Ser capaz de reconocer las partes que intervienen en el sistema automático de cambios.
- Inspeccionar el sensor de posición de cambios para poder verificar su funcionamiento.
- Verificar el funcionamiento de la electroválvula del bloque de cambios

Preguntas de Repaso.-

¿Qué es el sistema automático de Cambios?

¿Cómo función cumple la electroválvula del bloqueo de cambios?

¿Qué es el sensor de posición de cambios?

Materiales.-

Materiales y Equipo
Multímetro Digital
Mandil
Batería 12V
Vehículo Toyota Prius

Procedimiento 1

- Retirar la cubierta de la columna de dirección superior e inferior
- Desconectar el sensor de Posición de Cambio
- Colocar el Multímetro en la posición de continuidad
- Comprobar continuidad entre los terminales 1-2, 1-4, 1-5, 1-6 cuando la palanca de cambios se mueve en cada posición.



Resultado 1

Escribir si existe continuidad o no en el conector del sensor de cambios en la siguiente tabla:

Cambios	Continuidad del terminal	Continuidad
P	1 – 2	
R	1 – 4	
N	1 – 5	
D	1 – 6	

Procedimiento 2.-

- Colocar el multímetro en la posición de voltaje
- Medir la tensión entre los diferentes terminales A1, A3, A4, A5, A6.
- Tomar en cuenta las condiciones que se muestran en la tabla inferior.

Resultado 2.-

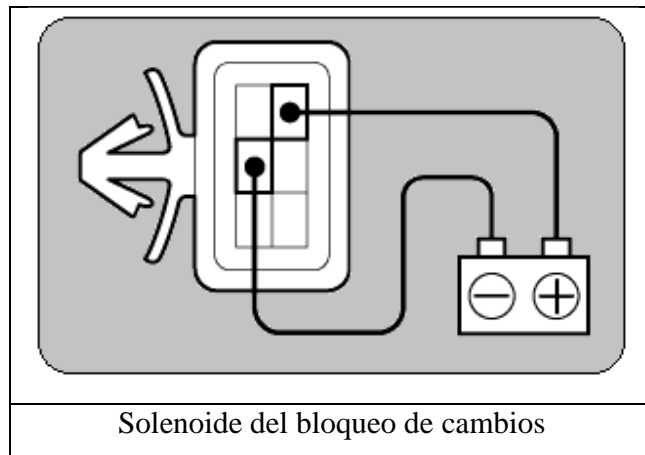
Colocar las mediciones de voltaje obtenidas en los diferentes terminales en la siguiente tabla:

Terminal	Condición de medición	Voltaje
A 1 – A5	Interruptor de encendido ACC	
A, 3 – A5	Interruptor de encendido ON	
A6 – A5	Al oprimir el pedal de freno	
A4 – A5	Interruptor de encendido ACC y posición P Interruptor de encendido ACC excepto la posición P Interruptor de encendido ACC excepto la posición P position (después de aproximadamente 1 segundo)	
B1 – B5	Interruptor de encendido ON, posición P y oprimir el pedal del freno	
B6 – B4	Interruptor de encendido ACC y posición P	

Procedimiento 3.-

- Reconocer el solenoide del bloque de cambios
- Desconectar el solenoide

- Aplicar voltaje de batería entre los terminales del solenoide como se muestra en la figura.



Resultado 3.-

¿Qué sucede cuando se aplica voltaje de batería al solenoide?

Conclusiones.-

Recomendaciones.-



Guía de Laboratorio
Nº 4



Tema: Batería de Alto Voltaje

Objetivos.-

- Reconocer los elementos que intervienen en sistema de alto voltaje del vehículo híbrido Toyota Prius.
- Realizar mediciones que nos permitan poder detectar fallas en la batería de alto voltaje.

Preguntas de Repaso.-

¿Qué función cumple la batería de alto voltaje en un vehículo híbrido?

¿Qué voltaje entrega la batería de voltaje?

Describe los componentes del sistema de alto voltaje en un vehículo híbrido

Materiales.-

Materiales y Equipo
Multímetro Digital
Mandil
Vehículo Toyota Prius

Procedimiento 1.-

- Retirar la tapa de la batería,
- Reconocer y desconectar el conector del sensor de temperatura de la batería.
- Con el multímetro en la posición óhmetro Ω
- Medir la resistencia entre los terminales del sensor de temperatura.

Resultado 1.-

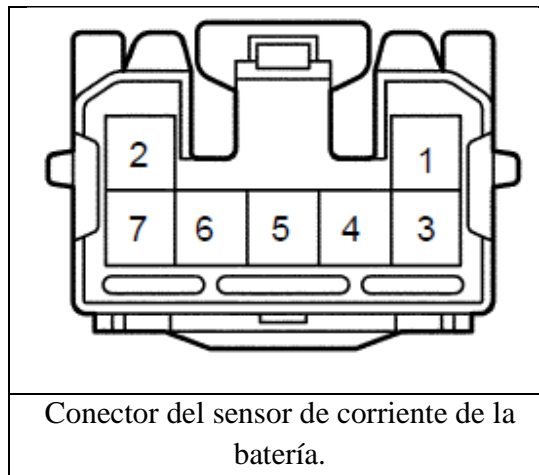
Colocar los resultados de la medición de resistencia del sensor de temperatura en la siguiente tabla:

Terminales	Resistencia
1-2	
3-4	
5-6	
7-8	
9-10	

Describe las características del sensor de temperatura

Procedimiento 2.-

- Ubicar el sensor de corriente de la batería
- Con el multímetro en la posición de ohms Ω , medir la resistencia entre los diferentes terminales del conector de la figura.



Resultado 2.-

Escribir los del valor de la resistencia obtenido en los diferentes terminales del conector en la siguiente tabla:

Terminal	Terminal	Resistencia
6	7	
6	2	
7	6	
7	2	
2	6	
2	7	

Conclusiones.-

Recomendaciones.-



**Guía de Laboratorio
Nº 5**



Tema: Inversor

Objetivo.-

- Comprobar el funcionamiento del convertidor mediante la verificación de la corriente de salida.

Preguntas de repaso.-

¿Qué es el inversor?

Mencione tres funciones del inversor:

Materiales.-

Materiales y Equipo
Multímetro Digital
Mandil
Vehículo Toyota Prius

Procedimiento.-

- Desconectar el cable de alimentación MG2 del inversor
- Instale la sonda de AC / DC de 400 A en el mazo de cables del conector del inversor
- Conecte el cable de alimentación MG2 al inversor, cuando la lámpara del tablero este en READY, operar varios aparatos uno por uno y medir la corriente.

Resultado.-

La medición de la corriente es:

Corriente	
-----------	--

Conclusiones.-

Recomendaciones.-

CONCLUSIONES

- Se comprobó que los vehículos híbridos si representan una alternativa al momento de reducir las emisiones contaminantes, especialmente cuando se encuentran circulando en ciudad, ya que los motores eléctricos pasan más tiempo encendidos.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de desempeño se pudo constatar que debido a las condiciones de carretera existentes en la Sierra, los vehículos híbridos logran reducir en mínimas cantidades las emisiones generadas ya que el motor de combustión interna pasa a funcionar más tiempo.
- Notablemente el Toyota Prius es el vehículo más eficiente en cuanto al consumo de combustible, logrando reducir en un 60% la cantidad de combustible consumido.
- Los vehículos híbridos Toyota Prius y Ford Escape al ser comparados con vehículos convencionales, se constató que tienen similares características en cuanto a torque y potencia, por lo cual no son vehículos de bajo desempeño, se encuentran a la par e incluso superan a muchos de los vehículos existentes en el mercado nacional.
- Luego de realizar las pruebas de desempeño, se determinó que si es posible llegar a niveles de contaminación cero en los vehículos híbridos, únicamente cuando se encuentra funcionando solo el motor eléctrico.

- Las emisiones generadas por los MCI de los vehículos híbridos, si se encuentran debajo de los límites establecidos por la Corpaire, por lo tanto contribuyen con la reducción de contaminantes en el medio ambiente.
- Se determinó mediante las pruebas de ruido, que los vehículos híbridos no generan contaminación auditiva, tanto en el interior como en el exterior del vehículo, cuando se encuentra funcionando el motor eléctrico mientras el MCI se encuentre apagado.
- Mediante la culminación del estudio y análisis del presente tema es factible estar en condiciones de lograr reconocer, discutir, y resolver problemas que pueden presentarse en los diferentes componentes y sistemas de los vehículos híbridos.
- Existen muchos modelos de vehículos híbridos en el mercado automotriz Ecuatoriano, por lo que cada vez es más común ver la presencia de este tipo de autos en ciudades y carreteras.
- Luego de haber realizado las pruebas de consumo de combustible en carretera, se comprobó que el vehículo Ford Escape consume menos combustible que el Chevrolet Optra, considerando que es un vehículo tipo SUV, con motor 2.5 litros superior al 1.8 litros del Optra.
- Los vehículos híbridos Toyota Prius y Ford Escape utilizan motores de combustión interna semejantes a los vehículos convencionales basándose en el mismo principio de funcionamiento y operación, su diferencia es que presentan Ciclo Atkinson el cual aprovecha los tiempos de admisión, compresión, explosión y escape, siendo más eficiente con la desventaja de una pérdida de potencia.

RECOMENDACIONES

- Al conocer la existencia de componentes tóxicos en la batería de alto voltaje presente en los vehículos híbridos y debido al peligro que representan para el medio ambiente, se recomienda devolver este componente a sus lugares de fabricación, luego de terminar con su vida útil.
- Al trabajar en el sistema de alto voltaje de los sistemas híbridos es recomendable tomar muy en cuenta las normas de seguridad, se sugiere utilizar el equipo adecuado para protección personal.
- Es necesario tomar en cuenta la contaminación vehicular existente en nuestro país, ya que mediante datos obtenidos de la Corpaire existen niveles de alerta en el aire de Quito, pese a que existe un control. Por lo tanto es necesario dar mayor impulso a los vehículos híbridos.
- Debido a las nuevas tecnologías y al manejo de componentes especiales, es necesario tener conocimientos referentes a estos vehículos antes de proceder a realizar cualquier tipo de trabajo en sus diferentes componentes y sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ <http://www.hybrid-vehicle.org/hybrid-vehicle-history.html>
- ✚ http://www.greenhybrid.com/wiki/index.php/Hybrid_History_-_Part_2&prev
- ✚ <http://www.hybridcars.com/history/history-of-hybrid-vehicles>
- ✚ <http://www.educar.org/inventos/transportes/automovil.asp>
- ✚ <http://www.chevrolet.com.ec/vehiculos/modelos-showroom/camionetas/silverado-hybrid/caracteristicas.html>
- ✚ http://www.toyota.com.ec/HIBRIDOS/PRIUS_HIBRIDO/home_503.html
- ✚ <http://www.ford.com.ec/SUV&Crossovers/EscapeHybrid>
- ✚ http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_explosion.htm
- ✚ http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_explosion.htm
- ✚ <http://remmaq.corpaire.org>
- ✚ CROUSE - ANGLIN, Puesta a punto y rendimiento de un motor. Editorial Alfaomega.
- ✚ García, Roberto y Espinosa, Helio. El impacto del transporte automotor en el medio ambiente. Revista Ingeniería del Transporte. Volumen X, Número 1

ANEXOS

	Item	THS II
Engine	Type	1.5 L gasoline (high-expansion ratio cycle)
	Maximum output in kw (Ps)/rpm	57 (78)/5,000
	Maximum torque in N-m (kg m)/rpm	115 (11.7)/4,200
Motor	Type	Synchronous AC motor
	Maximum output in kw (Ps)/rpm	50 (68)/1,200-1,540
	Maximum torque in N-m (kg m)/rpm	400(40.8)/0-1,200
System*	Maximum output in kW (Ps)/vehicle speed km/h	82(113)/85 or higher
	Output at 85km/h in kW (PS)	82 (113)
	Maximum torque in N-m (kg m)/vehicle speed km/h	478(48.7)/22 or lower
	Torque at 22km/h in N-m (kg m)	478 (48.7)
Battery	Type	Nickel-metal hydride

Ficha técnica del Ford Escape Hybrid

Especificaciones del Motor		
	Escape	Escape Hybrid
Tipode motor	Duratec I-4 2.5L	Motorde Ciclo Atkinson I-4 2.5L y eléctrico magnético permanente
Tipode Tracción	Traccióndelanteras (FWD) o tracción en las 4 ruedas (4WD)	Traccióndelanteras (FWD) o tracción en las 4 ruedas (4WD)
Escape	Simple, con sistema de catalizador	Simple, con sistema de catalizador
Tipode transmisión	TMde 5 veloc. (estándar en XLS) o TA de 6 veloc. (opc. en XLS, estándares en XLT y Limited)	TransmisiónVariable Continua controlada Electrónicamente (eCVT)
Potencia(SAE neta a rpm)	171@6,000	155@6,000(motor de gasolina) c.f.@5,000 (motor eléctrico)177 potencia neta
Torsión(lb-pie a rpm)	171@4,500	136@4,500
Relaciónde compresión	9.7:1	12.3:1
Botadoresde válvulas	Cubomecánico de acción directa	Cubomecánico
Materialdel monobloque del motor	Aluminio	Aluminio
Materialde la cabeza del cilindro	Aluminio	Aluminio

Programa Tolerance Data 2009

Motor/ Tipo	T18SED/ R4 DOHC 16V
Cilindrada/ (carrera/diámetro del cilindro)	1799 cm ³ (81,6/ 86,0)
Relación de compresión (octanaje)	9,8: 1
Potencia máxima kW (CV DIN)/ rpm	90 (122)/ 5800
Par máximo Nm/ rpm	165/ 4000
Juego de válvula, admisión (frío/caliente)	(hidráulicamente)
Juego de válvula, escape (frío/caliente)	(hidráulicamente)
Ángulo de válvula/ángulo del asiento de válvula	45°/ 45°
Presión de compresión, bar	Mín. 6,9
Presión del aceite/ 1/ min, bar	Mín. 0,3/ralentí
Tapón del radiador, bar/ termostato °C	0,9 - 1,2/ 87° C
Juego de embrague, mm	6,0 - 12,0
Tiempo de reparación: Cambio de embrague	3 horas y 10 minutos
Correa dentada: Sustitución (inspección)	60.000 km/4 años (30.000 km/2 años)
Tiempo de reparación: Sustitución de la correa dentac	1 hora y 18 minutos
Correa de accionamiento	
Medición del ruido dB(A) a rpm	83/ 4350

Programa Tolerance Data 2009

Motor/ Tipo	G4ED/ R4 DOHC 16V
Cilindrada/ (carrera/diámetro del cilindro)	1.599 cm ³ (76,5/ 87,0)
Relación de compresión (octanaje)	10,0: 1 (95 sin plomo)
Potencia máxima kW (CV DIN)/ rpm	77 (105)/ 5800
Par máximo Nm/ rpm	143/ 3000
Posición del código del motor	Lado delantero del bloque vía la rueda volante
Ángulo de válvula/ángulo del asiento de válvula	45°/ 45°
Deformación máx. de la culata, mm	0,03
Presión de compresión, bar	Mín. 14,5 (Diferencia máx. 1,0)
Presión del aceite/ 1/ min, bar	1,7/ Velocidad de marcha en ralentí
Tapón del radiador, bar/ termostato °C	0,8 - 1,1/ 82 °C
Juego de embrague, mm	6,0 - 13,0 en el pedal
Correa dentada: Sustitución (inspección)	90.000 km/ 6 años (60.000 km/ 4 años)
Correa de accionamiento	
Medición del ruido dB(A) a rpm	81/ 4350

4 Gas
Emission
Analyzer

2011/07/18
PM 12:02

CAR NUMBER: 0000
CO : 0.38 %
HC : 33 ppm
CO2 : 13.1 %
O2 : 0.00 %
LAMBDA: 0.986
AFR : 14.4
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

Emission
Analyzer

2011/07/18
PM 12:10

CAR NUMBER: 0000
CO : 0.00 %
HC : 0 ppm
CO2 : 13.4 %
O2 : 0.00 %
LAMBDA: 1.000
AFR : 14.7
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

TALLERES E & M
 Diagnostico computarizado inyecciones electronicas
 Mantenimiento Automotriz
 Av 6 de Diciembre y Sta Lucia -- telf 24



Cliente: TALLERES VIRUEZ Matricula: PVI0809
 Calle: Fabricante: CHEVROLET
 Ciudad: Modelo: GRAND VITARA 3P 2007
 Teléfono: Kilometraje 00

Fecha 03.08.2011 Hora 10:23

Lugar de prueba : TALLERES E & M Número vehiculo :
 MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ Matriculación : 18.08.2009
 Av. 6 de Diciembre y Sta. Lucia Comentario 2 : INY ENC ELECT
 Telf. 2482 - 519 09 9732 -761 Comentario 1 :
 www.maha.de

Número de control : BY-1-0815-MAHA-Test Combustible : Gasolina
 Inspector : EDUARDO MONROY Sistemas de escape : 1 Sistema
 Equipo (versión) : MGT 5 V 1.1.00.04 - X/D

Resultados de Prueba de Gases

	1° Medición	2° Medición	
CO	0,04	0,00	% Vol
CO ₂	14,50	14,40	% Vol
CO _{corr}	0,04	0,00	% Vol
HC _v	26	21	ppm
O ₂	0,03	0,26	% Vol
NO _x	---	---	ppm
Lambda	0,999	1,011	
Nº RPM	2550	740	min ⁻¹
Temp. Aceite	16	16	°C

Examen visual aprobado : Si / No

Medición de gases aprobada : Si / No

Siguiente medición :

Firma : _____

GRACIAS POR PREFERIRNOS!!!!!!!!!!!!!!

TALLERES E & M
 Diagnostico computarizado inyecciones electronicas
 Mantenimiento Automotriz
 Av 6 de Diciembre y Sta Lucia -- telf 2482519



Cliente: TALLERES VIRUEZ	Matrícula: PBB2301
Calle:	Fabricante: CHEVROLET
Ciudad:	Modelo: OPTRA 2008
Teléfono:	Kilometraje 00000
Fecha 03.08.2011 Hora 10:08	
Lugar de prueba : TALLERES E & M	Número vehículo :
MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ	Matriculación :
Av. 6 de Diciembre y Sta. Lucia	Comentario 2 :
Telf. 2482 - 519 09 9732 -761	Comentario 1 :
www.maha.de	
Número de control : BY-1-0815-MAHA-Test	Combustible : Gasolina
Inspector : EDUARDO MONROY	Sistemas de escape : 1 Sistema
Equipo (versión) : MGT 5 V 1.1.00.04 - X/D	

Resultados de Prueba de Gases

	1° Medición	2° Medición	
CO	0,00	0,00	% Vol
CO ₂	14,40	14,40	% Vol
CO _{corr}	0,00	0,00	% Vol
HC	23	21	ppm
O ₂	0,00	0,07	% Vol
NO _x	---	---	ppm
Lambda	0,998	1,002	
N° RPM	0	0	min-1
Temp. Aceite	18	18	°C

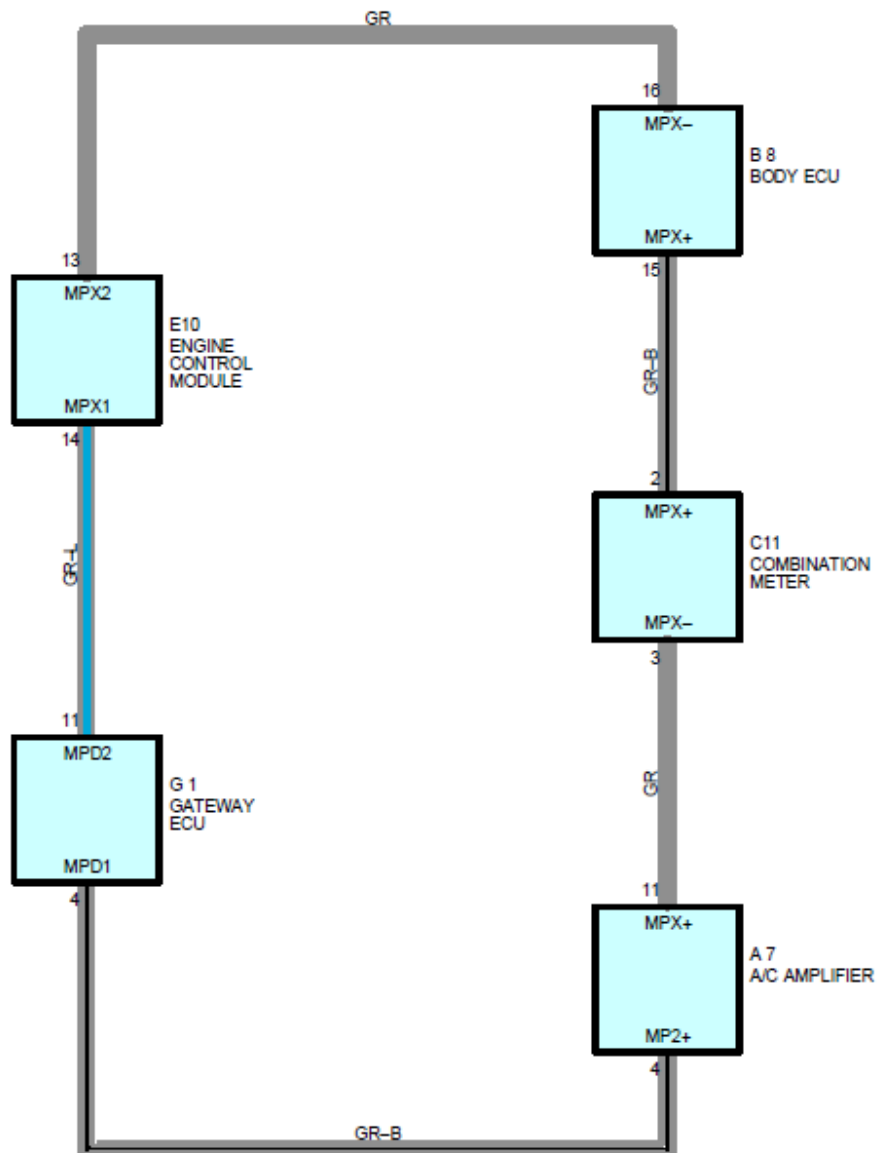
Examen visual aprobado : Si / No

Medición de gases aprobada : Si / No

Siguiente medición :

Firma : _____

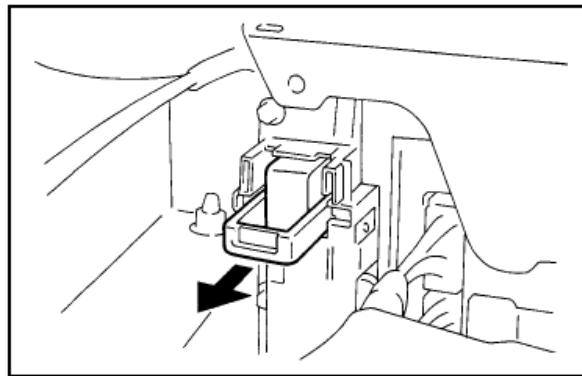
GRACIAS POR PREFERIRNOS!!!!!!!!!!!!!!



Precauciones**Alto Voltaje**

Todos los conectores del mazo de cables de alto voltaje son de color naranja, la Batería HV y otros componentes de alto voltaje son identificados por las letras “High Voltage” o Alto Voltaje.

Antes de inspeccionar el sistema de alta tensión, asegúrese de tomar medidas como el uso de guantes aislantes, retire el tapón de servicio para evitar electrocución. Llevar el servicio de quitar el enchufe en el bolsillo para evitar que otra persona vuelva a instalar la misma mientras se está inspeccionando el sistema.



Después de quitar el tapón de servicio, espere 5 minutos antes de tocar cualquiera de los conectores o terminales de alta tensión

Antes de ponerse los guantes aislantes, asegúrese de que estén sin hendiduras, rotos o dañados de cualquier otra manera. No use guantes aislantes mojados.

No lleve objetos de metal que pueden caer accidentalmente y causar un cortocircuito.

Antes de tocar un terminal de alta tensión desconectando, asegúrese de que el terminal no esté cargado con electricidad (aprox. 0 V) utilizando un medidor eléctrico.

Antes de reinstalar el conector de servicio, comprobar que no exista ninguna herramienta olvidada, que los tornillos del terminal de alto voltaje estén bien apretados, y que los conectores sean encajados correctamente.

