



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TEMA:

“Análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C. Diseño del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento del vehículo plug-in Toyota Prius C durante el año 2016”

AUTOR: LÓPEZ Guzmán DIEGO Wladimir

TUTOR: Ing. ERAZO Germán

LATACUNGA-ECUADOR

Marzo 2017



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADO**

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de las normas de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: López Guzmán Diego Wladimir, con el título de tesis: **“Análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de alta tensión en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C. Diseño del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento de los vehículo plug-in Toyota Prius C durante el año 2016”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga Marzo 2017.

Para constancia firman:

Msc. Edwin Homero Moreano Martínez PhD. Iliana Antonia González Palau

CI

CI

PRESIDENTE TRIBUNAL

MIEMBRO TRIBUNAL

Msc. Ernesto Manuel Abril Garcés

PhD. Héctor Laurencio Alfonso

CI

CI

MIEMBRO TRIBUNAL

OPONENTE

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Latacunga, diciembre de 2016

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. López Guzmán Diego Wladimir, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de alta tensión en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C. Diseño del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento del vehículo plug-in Toyota Prius C durante el año 2016”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

Ing. Washington Germán Erazo Laverde MSc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, López Guzmán Diego Wladimir, portador de cédula de identidad 1711362242, declaro que la presente Tesis de Grado, es el resultado de la investigación desarrollado como maestrante de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Diego Wladimir López Guzmán

C. I. 1711362242

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a mi director de tesis el Ing. Germán Erazo Laverde (“Ing. Erazo”) quien con su infinita paciencia, su gran sabiduría y su enorme corazón logró impulsar y orientar este trabajo de investigación.

Debo también un especial agradecimiento a la Empresa “CISE ELECTRONICS” cabe destacar no solo los vínculos académicos creados, sino los lazos de amistad nacidos antes y durante el desarrollo del proyecto. Quiero hacer una mención especial a Fernando Augeri por el apoyo y ayuda brindada en los momentos difíciles.

También me gustaría agradecer al Profesor PhD. Gustavo Rodríguez por su apoyo y aliento en la conformación de este proyecto. A los profesores PhD. Secundino Marrero, PhD. Iliana González por la colaboración y orientación de esta investigación.

Quisiera también incluir en este apartado a mis compañeros de Maestría en Gestión de Energías y por supuesto, a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Finalmente quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido a mi formación y desarrollo profesional y personal.

Diego López Guzmán

DEDICATORIA

A mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.
Para mis Padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. Han contribuido en todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para Poder terminar este proyecto.

A mi Esposa, de manera muy especial a mis hijas Estefi y Vale quienes fueron el motor que me impulso a seguir adelante en este proyecto y para quienes queda el ejemplo que deberán seguir.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. **Thomas Chalmers**

Diego López Guzmán

INDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
Situación problémica.....	1
Justificación de la investigación.....	2
Objeto y problema de la investigación.....	3
Campo de acción.....	4
Objetivo general de la investigación.....	4
Hipótesis de investigación.....	4
Desarrollo de la investigación.....	4
Objetivos específicos.....	5
Sistema de tareas, métodos, procedimientos y técnicas.....	5
CAPÍTULO I.....	8
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA INCIDENCIA DE LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA DE ALTA EN EL USO DE VEHÍCULOS ENCHUFABLES.....	8
1.1. Caracterización detallada del objeto.....	8
1.2. Marco Teórico de la Investigación.....	10
1.2.1. Vehículos híbridos.....	10
1.2.2. Tipos de baterías.....	12
1.2.3. Constitución de la batería de elevado voltaje.....	13
1.2.4. Jumper de Seguridad.....	15
1.2.5. Cable de Poder.....	16

1.3.	Vehículos eléctricos: híbridos y enchufables	17
1.3.1.	Vehículo híbrido eléctrico	18
1.3.2.	Vehículo eléctrico	19
1.3.3.	Vehículo híbrido enchufable	20
1.4.	Diferencias entre los híbridos enchufables y vehículos eléctricos	24
1.5.	Tipos de conectores	27
1.5.1.	Conector Schuko	27
1.5.2.	Tipo 1 - SAE J1772	28
1.5.3.	Conector Tipo 2 - VDE-AR-E 2623-2-2	29
1.5.4.	Conector Tipo 3 – Scame	29
1.5.5.	Conector CHAdeMO	30
1.6.	Modos de recarga	31
1.6.1.	Carga modo 1	31
1.6.2.	Recarga Modo 2	32
1.6.3.	Recarga Modo 3	33
1.6.4.	Recarga Modo 4	34
1.7.	Alternativas de recarga	35
1.7.1.	Recarga inductiva	35
1.8.	Marco Legal	37
1.9.	Marco conceptual	39
1.10.	Conclusiones del capítulo	41
	CAPÍTULO 2	42
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA INCIDENCIA DE LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA DE ALTA EN EL USO DE VEHÍCULOS ENCHUFABLES	42
2.1.	Diseño de la investigación	42
2.2.	Modalidad de la Investigación	42

2.3.	Investigación de campo	43
2.4.	Prognosis	44
2.5.	Control de prognosis.....	44
2.6.	Delimitación (temporal, espacial y contenido).....	44
2.7.	Campo de acción.....	45
2.8.	Metodología.....	45
2.9.	Utilidad práctica	49
2.10.	Utilidad Metodológica.....	49
2.11.	Factibilidad.....	49
2.12.	Relevancia social.....	50
2.13.	Datos estadísticos.	50
2.14.	Métodos y técnicas a ser empleadas.....	53
2.14.1.	Método inductivo	53
2.14.2.	Método estadístico	54
2.14.3.	Método de Análisis	54
2.14.4.	Método de Síntesis.....	54
2.15.	Operacionalización de las variables	54
2.15.1.	Variable independiente:.....	55
2.15.2.	Variable dependiente.....	56
2.16.	Instrumentos tecnológicos de la investigación.....	56
2.16.1.	Multímetro automotriz.....	57
2.16.2.	Osciloscopio automotriz	58
2.16.3.	Toyota Tech Stream.....	60
2.16.4.	Software Mitchell Ondeman	61
2.16.5.	Software Brighth Spark	61
2.16.6.	Vehículo Toyota PRIUS C.....	62

2.16.7. Banco de pruebas de baterías de alta tensión.....	63
2.17. Conclusiones del capítulo.....	65
CAPÍTULO 3.....	67
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INCIDENCIA DE LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA DE ALTA EN EL USO DE VEHÍCULOS ENCHUFABLES.....	67
3.1. Procesos y mediciones previas del sistema plug-in.....	67
3.2. Control del estado de carga o SOC.....	68
3.3. Métodos de Estimación del SOC.....	69
3.4. Estimación basada en voltaje.....	69
3.5. Estimación basada en la intensidad.....	69
3.6. Consideraciones para baterías en buen estado.....	70
3.7. Investigación de la batería de elevado voltaje del Toyota Highlander.....	70
3.8. Investigación del estado y características para uso en el sistema plug – in.....	71
3.9. Investigación de la batería HV del vehículo Toyota PRIUS C.....	80
3.10. Verificación del voltaje de la batería de alta tensión mediante el uso del escáner automotriz.....	85
3.11. Matemización del proceso de investigación.....	87
3.11.1. Matemización para selección de la fuente adicional de energía.....	87
3.11.2. Cálculo de capacidad de potencia de la Batería de Prius C.....	90
3.11.3. Cálculo de potencia de la batería adicional de alta tensión.....	90
3.11.4. Consumo de energía eléctrica en el domicilio.....	91
3.11.5. Consideración del estado de Carga SOC (State of charge).....	92
3.11.6. Cálculo de carga de las celdas.....	93
3.12. Conclusiones del Capítulo.....	94

CAPÍTULO 4.....	95
PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN	95
4.1. Título de la propuesta	95
4.2. Justificación de la propuesta.....	95
4.3. Objetivos de la propuesta	97
4.4. Estructura de la propuesta.....	97
4.5. Desarrollo de la propuesta.....	98
4.5.1. Recurso Humano	98
4.5.2. Recursos Materiales.....	98
4.5.3. Recursos Tecnológicos	99
4.6. Implementación de la propuesta.....	100
4.7. Experimentación de la propuesta	104
4.7.1. Rectificador en puente de onda completa:.....	106
4.7.2. Rectificador de onda completa en puente con filtro por condensador:.....	106
4.8. Instalación de la aplicación al vehículo Plug-in.....	111
4.9. Evaluación Tecnológica.	120
4.10. Análisis de rendimiento y autonomía de auto Prius C híbrido y plug-in.....	124
4.10.1. Optimización en la conducción.....	125
4.10.2. Determinacion del estado de salud	126
4.11. Influencia socio económico de la propuesta.	127
4.12. Impacto ambiental.....	128
Conclusiones generales.....	129
Recomendaciones	131
Bibliografía.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Características técnicas batería elevada tensión Toyota Prius C.	13
Tabla 2.1 Vehículos híbridos por marca	51
Tabla 2.2 Porcentaje de venta de vehículos híbridos por marca	52
Tabla 2.3 Importación de vehículos híbridos por segmento.....	52
Tabla 2.4 Importación de vehículos híbrido por país de embarque.....	53
Tabla 2.5 Variable Independiente	55
Tabla 2.6 Variable Dependiente: Consumo de combustible	56
Tabla 2.7 Instrumentos de la Investigación.....	57
Tabla 2.8 Características multímetro Trisco	57
Tabla 2.9 Característica del osciloscopio.....	59
Tabla 2.10 Características Techstream	60
Tabla 3.1 Característica de la batería HV Toyota Highlander.....	71
Tabla 3.2 Medición de los bloques de packs Toyota Highlander	73
Tabla 3.3 Mediciones en descarga del bloque I.....	75
Tabla 3.4 Mediciones en descarga del bloque II.....	75
Tabla 3.5 Análisis de datos con batería cargada	79
Tabla 3.6 Característica de la batería HV Prius C	80
Tabla 3.7 Mediciones de los packs de la batería de alta tensión Prius C	84
Tabla 3.8 Voltajes de los bloques medidos con el escáner	86
Tabla 3.9 Carga de celdas	93
Tabla 4.1 Recursos humanos	98
Tabla 4.2 Recursos materiales	99
Tabla 4.3 Recursos tecnológicos	99

Tabla 4.4 Valores de carga constante a dos amperios.....	105
Tabla 4.5 Valores de Voltaje de salida bajo carga a 115 Vac.....	108
Tabla 4.6 Valores de voltaje de salida bajo carga a 105 vac.....	108
Tabla 4.7. Ajustes de elementos y componentes del sistema Plug-in	112
Tabla 4.8 Implementación eléctrica electrónica de la propuesta del vehículo Plug-in	115
Tabla 4.9 Estado de vida sin batería adicional.....	126
Tabla 4.10 Estado de salud con batería adicional	127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema auto eléctrico	11
Figura 1.2 Esquema sistemas de tipos de vehículos eléctricos.....	11
Figura 1.3 Batería Toyota Prius C.....	14
Figura 1.4 Jumper de seguridad Toyota	15
Figura 1.5 Cables de Poder Toyota Prius C	16
Figura 1.6 Evolución del vehículo en función del grado de hibridación eléctrica	17
Figura 1.7 Tipos de vehículos eléctricos.....	18
Figura 1.8 Estructura del vehículo híbrido eléctrico	19
Figura 1.9 Estructura del vehículo eléctrico	19
Figura 1.10 Configuración del vehículo híbrido enchufable (Plug-in).....	20
Figura 1.11 Estructura del vehículo híbrido enchufable	21
Figura 1.12 Vehículos híbridos Plug-in	22
Figura 1.13 Vehículo híbrido enchufable Toyota Prius.....	23
Figura 1.14 Porcentajes de disminución de CO2	24
Figura 1.15 Diferencias entre los tipos vehículos eléctricos	25
Figura 1.16 Tipos de conectores.....	27
Figura 1.17 Conector Schuko	28
Figura 1.18 Conector Tipo 1	28
Figura 1.19 Conector Tipo 2	29
Figura 1.20 Conector Tipo 3	30
Figura 1.21 Conector Chademo.....	30
Figura 1.22 Modos de carga	31

Figura 1.23 Modo de carga 1	32
Figura 1.24 Modo de carga 2	33
Figura 1.25 Modo de carga 3	34
Figura 1.26 Modo de carga 4	35
Figura 1.27 Recarga inductiva	36
Figura 1.28 Vehículo híbrido enchufable Chevrolet Volt	37
Figura 2.1 Métodos de investigación aplicados	47
Figura 2.2 Multímetro Trisco	58
Figura 2.3 Osciloscopio Automotriz	59
Figura 2.4 Techstream	60
Figura 2.5 Software On Demand	61
Figura 2.6 Software Bright spark.....	62
Figura 2.7 Vehículo Prius C	63
Figura 2.8 Banco de pruebas y recarga de baterías	64
Figura 2.9 Calzado de seguridad	65
Figura 2.10 Guantes aislantes	65
Figura 3.1 Jumper de seguridad	68
Figura 3.2 Bloques de la batería HV del Toyota Highlander	71
Figura 3.3 Batería de alta tensión en el banco de pruebas.....	72
Figura 3.4 Medición de voltaje de cada celda.....	73
Figura 3.5 Voltaje ecualizado en la medición de packs	74
Figura 3.6 Ecualización en el proceso de descarga.....	76
Figura 3.7. Comportamiento de los packs del bloque I – II en la descarga.....	76

Figura 3.8	Ecualización de voltajes en los packs del bloque I de carga	77
Figura 3.9	Voltajes ecualizados en los packs después de la carga	78
Figura 3.10	Curva de descarga de la baterías HV bloque I	78
Figura 3.11	Curva de carga de baterías en el osciloscopio	79
Figura 3.12	Ubicación de la batería de alta tensión Prius C.	81
Figura 3.13	Desmontaje del Jumper de seguridad	81
Figura 3.14	Protecciones de la batería	82
Figura 3.15	Seguros de protección de la batería de alta tensión.....	82
Figura 3.16	Componentes del sistema de alta tensión	83
Figura 3.17	Packs de la batería	84
Figura 3.18	Medidas de ecualización de los packs de batería Prius C	85
Figura 3.19	Conector OBDII.....	86
Figura 3.20	Ecualización pareada de packs de batería de alta tensión PRIUS C	87
Figura 3.21	Curvas de voltaje A/h y SOC	93
Figura 3.22	Curvas de voltaje, a/h y SOC.....	94
Figura 4.1	Esquema de conexión de batería de alta tensión Toyota Prius C	100
Figura 4.2	Implementación de la batería adicional.....	101
Figura 4.3	Módulo cargador de baterías	102
Figura 4.4	Conjunto de reles.....	103
Figura 4.5	Conjunto amplificador operacional.....	103
Figura 4.6	Celda Toyota Prius C.....	104
Figura 4.7	Carga con corriente constante	104

Figura 4.8 Cargador de batería de alta tensión.....	106
Figura 4.9 Reles del circuito de batería de alta tensión Toyota Prius C.....	107
Figura 4.10 Circuito de carga a la batería Toyota Prius C	109
Figura 4.11 Resistencias para el circuito de enfriamiento.....	110
Figura 4.12 Circuito propuesto para la aplicación Plug-in.....	111
Figura 4.13 Implementación del sistema Plug-in	118
Figura 4.14 Diseño final	119
Figura 4.15 Conexión del vehículo Plug-in de la propuesta a la red domiciliaria.....	119
Figura 4.16 Tanqueo eléctrico al vehículo Plug-in	120
Figura 4.17 Pruebas de verificación en el sistema Plug-in	121
Figura 4.18 Verificación de consumo de combustible.....	121
Figura 4.19 Consumo de combustible en carretera	122
Figura 4.20 Consumo de combustible en ciudad.....	122
Figura 4.21 Incremento de la eficiencia	123
Figura 4.22 Incremento de la eficiencia del sistema	124
Figura 4.23 Panel de verificación de consumo	124
Figura 4.24 Panel batería Toyota Prius C.....	125

RESUMEN

El trabajo de investigación considera la incursión e influencia que ha ido generando el vehículo híbrido en el país. Se realizó una importante búsqueda de información bibliográfica confiable para tener el criterio fundamental de la tecnología que se utiliza en la baterías de alta tensión y determinar la incidencia de la capacidad de carga con relación al consumo de combustible fósil en el vehículo Toyota Prius C, desarrollando la propuesta del diseño e implementación de un sistema enchufable de control de energía eléctrica adicional, basado en el reciclaje de la batería del vehículo Toyota Highlander que resultó apropiada para la investigación desarrollada en que cada pack tiene un valor nominal individual de 9.6V y 6.5 A/h , colocadas en 2 series de 15 celdas, dando un valor total de 144V y 6.5 A/h , es recargada por la red eléctrica domiciliaria de 110 voltios, se instala en la parte posterior, optimizando al máximo el espacio, está en paralelo con la batería original de alta tensión aportando la energía y logrando que el motor de combustión interna permanezca más tiempo apagado, sin perder prestaciones dentro del habitáculo. La propuesta fue validada con la utilización de equipos de tecnología de punta con los que se determinó la elevación de la autonomía en el desplazamiento del vehículo híbrido en elevación de la autonomía en 30 km en ciudad y 25 km en carretera con la respectiva disminución del consumo de gasolina y por ende reducción de la contaminación ambiental.

Descriptores:

Batería de alta tensión, estado de carga, vehículo híbrido, polución, enchufable, control de estado de carga.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UNIDAD
DE POSGRADOS**

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TÍTULO:

"Energy analysis of the impact of the high-voltage battery capacity on the fuel consumption of the Toyota Prius C vehicle. Design of the power control system to raise the autonomy of vehicle displacement plug-in Toyota Prius C during the year 2016 "

AUTOR: LÓPEZ GUZMAN Diego Wladimir.

TUTOR: MSc. ERAZO LAVERDE Washington Germán.

ABSTRACT

The research work considers the incursion and influence that has been generating the hybrid vehicle in the country. An important search was made for reliable bibliographic information to have the fundamental criterion of the technology used in the high voltage batteries and to determine the incidence of the load capacity in relation to fossil fuel consumption in the Toyota Prius C vehicle, developing The proposed design and implementation of an additional electric power control plug-in system based on the recycling of the Toyota Highlander vehicle battery that was appropriate for the research developed in that each pack has a nominal value of 9.6V and 6.5A / H, placed in 2 series of 15 cells, giving a total value of 144V and 6.5 A / h, is recharged by 110 volts home network, installed in the back, optimizing the space as much as possible, is in parallel With the original high-voltage battery supplying the power and making the internal combustion engine stay longer off, without losing performance inside the passenger compartment. The proposal was

validated with the use of state-of-the-art equipment with which it was determined the elevation of the autonomy in the displacement of the hybrid vehicle in elevation of the autonomy in 30 km in city and 25 km in highway with the respective decrease of the consumption Of gasoline and therefore reduction of environmental pollution.

Keywords:

High voltage battery, state of charge, hybrid vehicle, pollution, plug-in, charge status control.

INTRODUCCIÓN

La investigación en la verificación de la eficiencia de la batería de alta tensión y en la utilización de un tipo de energía limpia, para aumentar la autonomía de un vehículo híbrido Toyota Prius C , basándose en permitir enchufar el auto a la red eléctrica domiciliaria de 110V para cargar la batería de alta tensión que produce su propulsión, con el propósito de reducir el uso del motor de combustión interna de ciclo Atkinson disminuyendo el consumo de combustible, agentes contaminantes y obteniendo una eficiencia significativa en el desempeño de este importante medio de transporte.

Situación problemática

El problema del calentamiento global que sufre el planeta, se debe en gran parte a todos los gases tóxicos emitidos por los cientos de millones de vehículos que circulan en el mundo y que traen como fuente de impulsión un motor de combustión interna los mismos que utilizan combustibles fósiles.

En Latinoamérica poco o nada se ha hecho para combatir este mal. Sin embargo en Ecuador existe una política acertada, la cual incentiva la compra y utilización de vehículos híbridos, los mismos que en determinadas circunstancias tienen una emanación de gases tóxicos a la atmósfera de cero.

Es necesario disminuir el uso de combustibles fósiles y buscar nuevas alternativas en otro tipo de energías renovables como por ejemplo en la energía eléctrica proveniente de fuentes hidráulicas.

El sistema de propulsión mecánica y eléctrica que disponen los vehículos híbridos genera una interacción en el ámbito energético, que en la actualidad es punto de atención en el Ecuador por el cambio de matriz productiva, uso

de energías alternativas como la hidráulica para convertirla en energía eléctrica y para el caso de la investigación aplicada a vehículos automotores.

La utilización de combustibles fósiles incrementan la contaminación ambiental, efecto invernadero, calentamiento global por lo que es necesario acudir a otras fuentes de energía más limpias y renovables como por ejemplo la utilización de la electricidad, en la investigación a través de mediciones y el protocolo de prueba se estableció la incidencia que tiene la batería de elevado voltaje en el ámbito energético de desempeño del vehículo híbrido Toyota como emisiones, consumo de combustible y parámetros característicos para que con esta base generar el diseño que permita aumentar la capacidad energética de la batería de alto voltaje a través de su conexión a la red eléctrica doméstica con el propósito de disminuir el tiempo de operación del motor de combustión interna que permita obtener una mejor gestión energética en el vehículo híbrido.

En Ecuador están planteados ocho grandes proyectos hidroeléctricos como son: Coca-Codo-Sinclair, Sopladora, Minas-San Francisco, Delsintanisagua, Manduriacu, Mazar-Dudas, Toachi-Pilatón y Quijos, esto seguramente hará que disminuya el precio del kW-h, lo que permitirá más accesibilidad a esta fuente de energía renovable, y seguramente se vaya reduciendo el subsidio a los combustibles fósiles.

Justificación de la investigación

Es interesante reconocer la realidad socioeconómica generada por la producción de petróleo, tanto en lo relacionado con los precios que de él se derivan, como en el hecho de ser un recurso no renovable que tiende a agotarse y que en la actualidad ha hecho que el Ecuador tenga problemas que están afectando su economía.

En este sentido el desarrollo de investigaciones serias en el ámbito de gestión energética vehicular ofrece buenas perspectivas. En un mundo globalizado en proceso de integración productiva y energética, es particular

el interés el uso de energías alternativas, ya que Ecuador al igual que otros países de Latinoamérica, poseen un gran potencial energético como es a través del uso de las hidroeléctricas. Al momento a través del plan nacional del buen vivir y el cambio de la matriz productiva se tiende a dar prioridad al uso de este tipo de energías aplicadas a los automotores.

El uso de la energía eléctrica tanto en el ámbito doméstico en el Ecuador está en constante aumento en las recientes décadas. En particular su uso en vehículos ha crecido tanto por el aumento del parque automotor como por las políticas de incentivo por parte del gobierno a estas tecnologías.

Es conveniente este tema de investigación ya que plantea la propuesta de consumir menos combustible fósil como es la gasolina e impulsa a usar nuevas tecnologías en el ámbito automotriz, logrando así difundir el uso de vehículos híbridos y vehículos eléctricos puros.

Esto ayuda a bajar la contaminación ambiental por la eliminación del dióxido de carbono en los escapes de los automotores y recurrir al uso de energía renovable como es la electricidad acumulada en baterías de alta tecnología.

La factibilidad de poder implementar la propulsión por medio de la corriente eléctrica acumulada en baterías de alto voltaje en un automóvil cada vez es más viable.

El tema de esta investigación consiguió aumentar la autonomía de desplazamiento del vehículo Toyota Prius C, lo que de acuerdo a la experiencia en el trabajo en este tipo de autos es completamente posible.

Es de vital importancia difundir este tipo de tecnología para la propulsión automotriz en la sociedad, quitando el mito que existe acerca de los vehículos híbridos y eléctricos para el bien de las futuras generaciones.

Objeto y problema de la investigación

El objeto de estudio es la eficiencia energética en la batería de alta tensión del vehículo híbrido Toyota Prius C con su incidencia en el consumo de combustible y autonomía de este medio de transporte.

El problema de investigación que da definido así: ¿Cómo influye la capacidad y autonomía de la batería de alta tensión en la eficiencia energética del vehículo híbrido Toyota Prius C?

Campo de acción

Gestión energética del vehículo Toyota Prius C

Objetivo general de la investigación.

“Desarrollar el análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C para generar un sistema de control de energía que mejore la autonomía de desplazamiento durante el año 2016”

Hipótesis de investigación

El análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo híbrido Toyota Prius C permitirá desarrollar un sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento de este medio de transporte en el año 2016.

Desarrollo de la investigación

Mediante el desarrollo de cálculos, mediciones de voltaje, control de parámetros característicos en el vehículo híbrido y su batería de alto voltaje se plantearon las bases que sustentan el uso del diseño del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento de los

vehículos Toyota Prius C durante el año 2016 y con ello su eficiencia energética aprovechando el potencial hidroeléctrico que al momento dispone el Ecuador

Se va a generó el protocolo, procedimientos de prueba para la medición de parámetros característicos e instalación logrando optimizar el sistema gestión energética en vehículos híbridos estableciendo el estado de carga adecuado en un vehículo Toyota Prius C para ser difundido a través de esta investigación.

Los resultados de esta investigación pueden ser utilizados como fuente bibliográfica de consulta para futuros trabajos de investigación, por profesionales de pregrado y postgrado.

Objetivos específicos.

- Realizar la investigación bibliográfica en fuentes confiables de información.
- Verificar los parámetros de operación y funcionamiento de la batería de alta tensión.
- Proponer la implementación de un sistema enchufable de energía eléctrica que eleve la autonomía del vehículo Toyota Prius C.
- Reducir el consumo de combustible y cantidad de emisiones contaminantes producidos por el motor de combustión interna.
- Argumentar la factibilidad de la propuesta de implementación del sistema enchufable en vehículos automotores.

Sistema de tareas, métodos, procedimientos y técnicas.

La investigación desarrollada fue experimental y de campo, la instalación del sistema enchufable se basa en la utilización de una batería de alta tensión adicional que se utiliza en vehículos híbridos, para aumentar la

autonomía de desplazamiento en vehículos automotores, consiguiendo optimizar la eficiencia energética y eléctrica en el vehículo Toyota Prius C.

Es experimental ya a través de pruebas de laboratorio se verificó el aumento de la capacidad de la batería de alta tensión se argumentó a través de mediciones la disminución del consumo de combustible en el vehículo Toyota Prius C.

A través de la explicación y desarrollo de la investigación se verificó de modo experimental que la hipótesis planteada es verdadera.

La investigación incluye los siguientes contenidos.

En el Capítulo 1, se presenta el marco contextual y teórico, mencionando la relevancia de la investigación y las fuentes de consulta establecidos como base para argumentar la viabilidad y desarrollo de la propuesta.

En el Capítulo 2, consta la metodología para poder desarrollar la investigación tomando en cuenta el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, se define las variables de estudio, procedimientos.

En el Capítulo 3, se analizó los diferentes métodos de investigación, el plan de trabajo de la investigación a través de fundamentar los resultados con la utilización de herramientas tecnológicas de punta basada en mediciones, pruebas y la implementación del sistema que permitió obtener la elevación de la eficiencia del sistema de alta tensión del vehículo híbrido.

En el capítulo 4, se detalla la propuesta de manera explícita que lleva a solucionar el problema planteado, desarrollando el análisis y pruebas que argumentan la factibilidad de la investigación.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones generadas en la investigación con el propósito de que se consideren como una fuente de consulta por los profesionales afines.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA INCIDENCIA DE LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA DE ALTA EN EL USO DE VEHÍCULOS ENCHUFABLES.

En este capítulo se describe el marco contextual de la investigación, su estatus a nivel macro, meso y micro; la justificación e información del estado del arte obtenida de fuentes confiables que permitió realizar el análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C para elevar su autonomía de desplazamiento.

1.1. Caracterización detallada del objeto.

Es necesario disminuir el uso de combustibles fósiles y buscar nuevas alternativas basadas en otro tipo de energías renovables como por ejemplo en la energía eléctrica proveniente de fuentes hidráulicas.

El sistema de propulsión mecánica y eléctrica que disponen los vehículos híbridos genera una interacción en el ámbito energético, que en la actualidad es punto de atención en el Ecuador por el cambio de matriz productiva. El uso de energías alternativas como la hidráulica para convertirla en energía eléctrica y para el caso de la investigación aplicada a vehículos automotores. La utilización de combustibles fósiles incrementa la contaminación ambiental, efecto invernadero y el calentamiento global, por lo que es necesario acudir a otras fuentes de energía limpia y renovable.

En esta investigación a través del desarrollo de mediciones y protocolos de prueba se estableció la incidencia que tiene la batería de alta tensión en el ámbito energético de desempeño del vehículo híbrido Toyota Prius C como es el consumo de combustible, parámetros característicos para desarrollar la propuesta que permitió aumentar la capacidad energética de la batería de elevado voltaje y lograr la versatilidad de conseguir su conexión a la red

eléctrica doméstica con el propósito de disminuir el tiempo de operación del motor de combustión interna con lo que se mejoró la gestión de energía del vehículo híbrido enchufable.

De acuerdo a (Hadley , Stanton W, 2006) “La electrificación del transporte con el paso de los años ha ido mejorando en prestaciones, tales como el rendimiento y la autonomía, en función de su grado de integración, se puede hablar de mejoras en términos de eficiencia y movilidad. Define como grado de hibridación eléctrica (GHE) a la relación entre la potencia eléctrica y la potencia total de tracción, se puede decir que, a mayor grado de electrificación en el vehículo, la eficiencia será mayor, pero a la vez el precio se verá encarecido. Partiendo de esta visión, surgen diversas alternativas de electrificación donde coexista coste y eficiencia de forma asequible, desde un nivel de hibridación eléctrica bajo hasta llegar al vehículo eléctrico puro”.

La falta de autonomía de la batería de alta tensión o batería híbrida de un vehículo Toyota Prius C ocasiona una baja gestión energética del mismo por el consumo elevado de combustible debido a las siguientes causas:

La autonomía que disponen los vehículos eléctricos e híbridos es insuficiente para desplazarlo por varios kilómetros generando un problema de gestión energética.

El motor de combustión interna consume más combustible en el modo híbrido lo que ocasiona un bajo porcentaje de estado de carga de la batería de elevado voltaje.

Los procesos de carga y descarga inadecuados en la batería de elevado voltaje generan demasiadas variaciones de tensión por ende su vida útil.

Todas estas causas se reflejan en tener un consumo de combustible elevado para mantener el motor de combustión interna funcionando por más tiempo. La mayor cantidad de emisiones contaminantes ocasionadas inciden directamente en el calentamiento global y el efecto invernadero.

La reducción de la vida útil de la batería de elevado voltaje o batería híbrida también genera contaminación lo que trae como consecuencia la elevación del costo de operación del vehículo híbrido por el precio de combustible fósil por lo que una alternativa de obtener una elevación en el rendimiento energético es el vehículo enchufable es la motivación de esta investigación.

La factibilidad de implementar el uso de la propulsión por medio de la corriente eléctrica acumulada en baterías de elevado voltaje en un automóvil fue demostrado a través del desarrollo de la investigación que permitió aumentar la autonomía eléctrica de un vehículo Toyota Prius C para un mayor desplazamiento tanto en carretera como en la ciudad.

En el Ecuador Toyota es la marca número de vehículos híbridos vendidos a nivel nacional, dentro de esta gama en la ciudad de Quito circula el Prius C que tiene gran demanda en el sector que fue el objeto de estudio.

1.2. Marco Teórico de la Investigación.

1.2.1. Vehículos híbridos

Según (Piñeiro E, 2013) “El vehículo eléctrico híbrido no enchufable está provisto del motor de combustión interna y del motor eléctrico figura 1.1. alimentado por un dispositivo recargable de energía, como una batería. El motor de combustión interna (en este tipo de vehículos no son considerados dentro de la estrategia integral para los vehículos eléctricos, ya que por sus características usan como única fuente de energía el combustible, permite la carga de la batería por una fuente exterior de electricidad). En un futuro, si la tecnología eléctrica llega a ser la dominante y el desarrollo de las baterías lo permite, será posible realizar recorridos más largos. De todas formas, se requiere una estandarización que permita cambiar las baterías usadas por unas recargadas”.

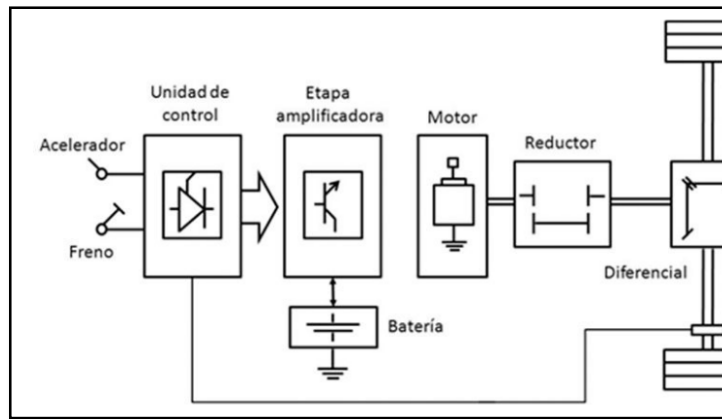


Figura 1.1 Esquema auto eléctrico

Fuente: (Piñeiro E, 2013)

Se dispone en el mercado diferentes modelos de vehículos eléctricos híbridos no enchufables con diferentes configuraciones figura 1.2, como son: Toyota, Honda Civic, Volt. La ventaja principal de estos vehículos es que no consumen energía cuando están detenidos y que recuperan energía en las frenadas o en fuertes pendientes. A pesar de que se mejora la eficiencia del vehículo eléctrico, el hecho de que no sea enchufable limita su contribución a la sostenibilidad ambiental del sector transportes. El problema reside en que no favorece la introducción de energías renovables de origen eléctrico a través de la carga de electricidad.

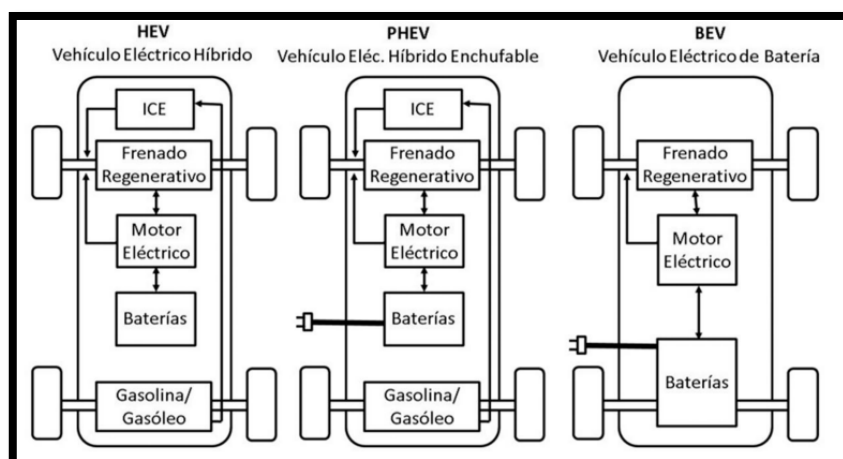


Figura 1.2 Esquema sistemas de tipos de vehículos eléctricos

Fuente: (Piñeiro E, 2013)

1.2.2. Tipos de baterías

(Augeri , F., 2012) menciona que: “Existen varios tipos de baterías y cada vez van mejorando su durabilidad, peso, porte y son más amigables con el medio ambiente. El potencial energético que alcanza hoy en día cada una de ellas es mayor”.

Por esta razón se detalla algunos tipos de baterías que han sido utilizadas en la industria automotriz, sobre todo en vehículos híbridos que es el tema de la investigación.

Entre las principales baterías utilizadas en la industria automotriz en el área de vehículos híbridos están:

- Baterías de Plomo-acido
- Baterías de Níquel - Zinc
- Baterías de Níquel – Metal (Ni-MH)
- Baterías de Ion – Litio.
- Baterías de Níquel Cadmio (Ni-Cd)

De acuerdo a la Corporación Toyota Motor 2013 “La batería del vehículo Prius C dispone en sus sistema de control cuatro sensores de temperatura, tres se encuentran en la batería y uno para la entrada de aire, un ventilador que es controlado por ancho de pulso el mismo que es un motor sin escobilla. Los elementos de la batería son más compactos y en caso del bloque de junta híbrido que está compuesto por el sensor de corriente de tipo hall, los relés de activación y la unidad de control ECU y en caso de que sufra un daño se tiene que cambiar todo el conjunto puesto que tiene una placa impresa de alto voltaje a diferencia de las baterías anteriores que se podía sustituir estos elementos individualmente”.

En la Tabla 1.1 se aprecia las características de la batería de alta tensión del vehículo Toyota Prius C

Tabla 1.1. Características técnicas batería elevada tensión Toyota Prius C.

Material	Níquel Metal.
Número de módulos	120.
Voltaje de cada módulo	1.2 voltios.
Número de celdas	40.
Voltaje de cada celda	3.6 voltios.
Número de paquetes conectados en serie	20.
Voltaje de cada paquete conectados en serie	7.2 voltios.
Voltaje nominal de la batería	144 voltios.
Tipo de conexión entre packs	Conexión en serie.

Fuente: (Toyota Motor, 2013)

La Corporación (Toyota, 2013) cita que: “La batería se encuentra ubicada en la parte posterior del vehículo de tal manera que compensa con el peso del auto que tiene en la parte delantera, para acceder a ella hay que desmontar el asiento y el soporte metálico el cual ayuda a mantenerle firme contra el habitáculo, la ECU de la batería de elevada tensión está monitoreando el estado de los voltajes en diez lugares diferentes, el bloque de junta a los relés, el sensor de corriente, la resistencia de limitación están adheridos al ventilador de enfriamiento y la ECU híbrida está compartiendo comunicación CAN con la ECU de la batería para comandar el sistema”.

1.2.3. Constitución de la batería de elevado voltaje.

La batería de alta tensión del vehículo Toyota Prius C está constituida de los siguientes componentes los mismos que se observan en la figura 1.3:

- Sensores de temperatura.
- Unidad de control de la batería (ECU de la batería).
- Ventilador.
- Conector tapón de servicio.
- Módulos de la batería.
- Conjunto de relés de activación.
- Resistencia.
- Sensor de corriente.



Figura 1.3 Batería Toyota Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

(Espinoza, Erazo, & Mena, 2012) Citan que “Existen tres sensores que determinan la temperatura en diferentes puntos, están comunicados con la unidad electrónica de control del híbrido y en caso de no tener una temperatura adecuada de funcionamiento se genera un código de diagnóstico (DTC), que enciende la luz MIL, se presenta un mensaje de falla en la batería de alta tensión y activa una luz de color rojo en forma de triángulo que indica alerta de mal funcionamiento del sistema híbrido en el tablero de instrumentos”.

(Augeri, F; Lopez, D, 2013). Manifiestan que: “El sistema dispone de tres relés principales del sistema (System main relay) que son designados como: (SMR1), (SMR2) y (SMR3), los que dan paso a que la corriente fluya hacia el inversor y a todo el sistema, una computadora que controla temperatura, voltajes, un jumper de seguridad que divide el voltaje total en dos que tiene que ser retirado para evitar fugas altas de corriente al momento de dar mantenimiento, un ventilador que se encarga de mantener baja la temperatura de la batería evitando que se recaliente y una tapa que está sujeta con pernos. El paquete de baterías HV contiene seis celdas de 1,2 V de níquel-hidruro de metal que están conectadas en serie para formar un módulo. En los modelos Prius 2001-2003 las baterías contienen 38 módulos y se dividen en dos campos conectados en serie. Por lo tanto, la batería HV contiene un total de 28 células con una tensión nominal de 273.6V. El Prius 2004 y sus actualizaciones, la batería posee 28 módulos

que se conectan para dar una tensión nominal de 201.6V. En el Prius C trae 20 módulos que se conectan de igual manera en serie para dar una tensión nominal de 144 V. Las placas de electrodo en la batería de alta tensión están hechas de níquel poroso y de aleación de hidruro de metal. (NiMh)”

1.2.4. Jumper de Seguridad.

(Augeri, F, 2010) “El jumper de seguridad o conector de servicio se muestra en la figura 1.4. es una clavija de color naranja ubicada en la batería que tiene la función de al momento de retirarla dividir el voltaje en dos secciones, en la batería del Toyota Prius C está ubicada en el paquete número 10, dejando dos secciones de 70V cada una, esto cambia según el fabricante, el jumper es monitoreado por la ECU HV la cual detecta que está conectado correctamente caso contrario bloquea el sistema y no permite que el vehículo se encienda , es importante mencionar que cada que se realiza una operación de mantenimiento se tiene que retirar el Jumper por seguridad protegiendo el sistema de descargas eléctricas fuertes”.



Figura 1.4 Jumper de seguridad Toyota

Fuente: Diego López Guzmán

1.2.5. Cable de Poder

(Augeri, F; Lopez, D, 2013) “En el cable de alimentación figura 1.5 circula la alta tensión con elevado amperaje, conecta a la batería de alta tensión con el inversor y el inversor con los motores generadores MG1 y MG2 así como también enlaza el inversor con el compresor de A / C. Se encuentra bajo el asiento posterior, a través del panel de suelo, a lo largo del refuerzo de debajo de la planta, y se conecta al inversor en el compartimiento del motor. El arnés de cableado de 12 V DC sigue una ruta parecida a la del cable desde la batería auxiliar hasta la parte delantera del vehículo”.

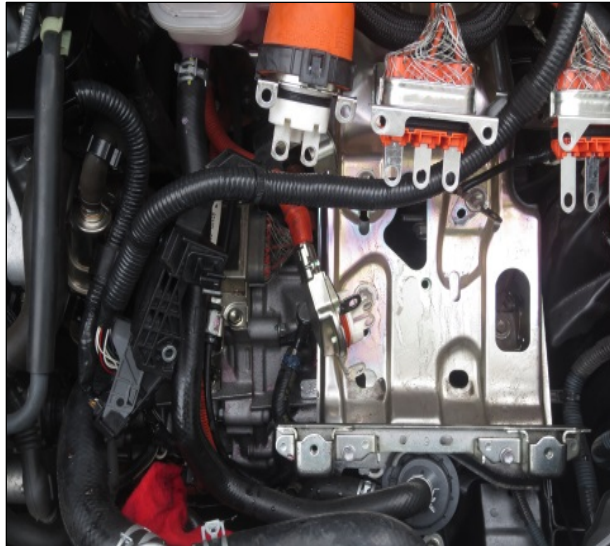


Figura 1.5 Cables de Poder Toyota Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

(Augeri , F., 2012) “El cable de alimentación está blindado con el fin de reducir la interferencia electromagnética. Para fines de identificación, el mazo de cables de alta tensión y conectores son de color naranja con código de colores para distinguirlos de los cables ordinarios que son de baja tensión”.

1.3. Vehículos eléctricos: híbridos y enchufables

(Hadley , Stanton W, 2006) “La electrificación del transporte con el paso de los años ha ido mejorando en prestaciones, tales como: el rendimiento y la autonomía, figura 1.6 en función de su grado de integración, se puede hablar de mejoras en términos de eficiencia y movilidad. Se define como grado de hibridación eléctrica (GHE) a la relación entre la potencia eléctrica y la potencia total de tracción, y se puede decir que, a mayor grado de electrificación en el vehículo, la eficiencia será mayor, pero a la vez el precio se verá encarecido. Partiendo de esta visión, surgen diversas alternativas de electrificación donde coexista coste y eficiencia de forma asequible, desde un nivel de hibridación eléctrica bajo hasta llegar al vehículo eléctrico puro”

(Michaels, 2012) “Los vehículos de accionamiento eléctrico usan la electricidad como fuente principal de energía o la utilizan para mejorar la eficiencia de diseños vehiculares convencionales. Estos vehículos se pueden dividir en tres categorías:

- Vehículo híbrido eléctrico o HEV (Hybrid Electric Vehicle)
- Vehículo híbrido enchufable o PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
- Vehículo eléctrico o EV (Electric Vehicle).”

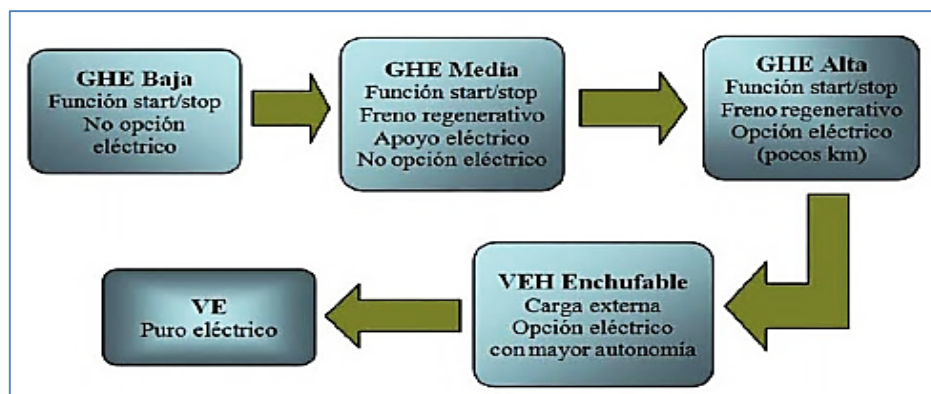


Figura 1.6 Evolución del vehículo en función del grado de hibridación eléctrica

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

(Córdova E, 2015) “Los vehículos eléctricos propulsados total o parcialmente por motores eléctricos deben ser recargados a través de una toma de corriente. Su utilización presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental, ya que permite disminuir el nivel de emisiones de CO2 a la atmósfera, figura 1.7. El vehículo 100% eléctrico se ha convertido en una buena alternativa para el futuro de la movilidad y el transporte urbano, gracias a la utilización de una energía limpia y eficiente como es la energía eléctrica”.

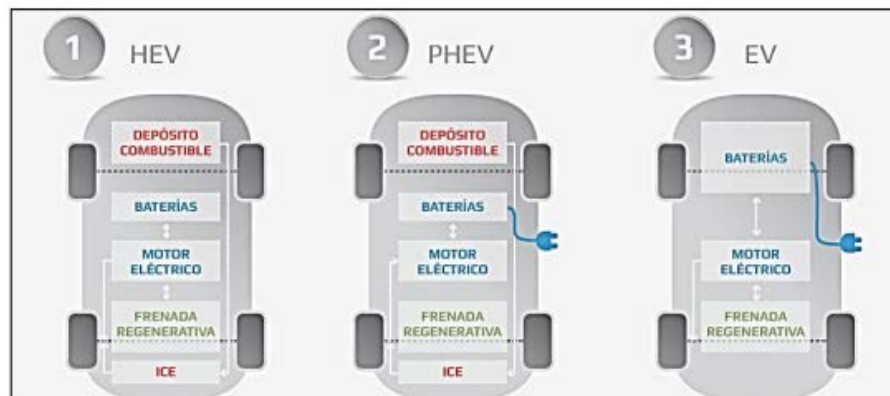


Figura 1.7 Tipos de vehículos eléctricos

Fuente: (Córdova E, 2015)

1.3.1. Vehículo híbrido eléctrico

(Iniesta, Á, 2015) “Estos vehículos son el resultado de la primera evolución hacia el vehículo eléctrico, con un funcionamiento menos limpio, pero con una mayor eficiencia que los de motor de combustión interna. Funcionan por la combinación de un motor de combustión interna (MCI) y un motor figura 1.8, para así conseguir una menor dependencia del combustible”.



Figura 1.8 Estructura del vehículo híbrido eléctrico

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.3.2. Vehículo eléctrico

(Iniesta, Á, 2015) Dice “El vehículo totalmente eléctrico o vehículo eléctrico de baterías elimina el motor de combustión, por lo que las ruedas son impulsadas por un motor eléctrico. La energía para ello se almacena en las baterías que llega a través de los puntos de recarga a la red o mediante la frenada regenerativa. Figura 1.9. Estos vehículos permiten recorrer distancias de hasta 150 y 300 km debido a que están abastecidos con la tecnología más avanzada en baterías, como las de litio.

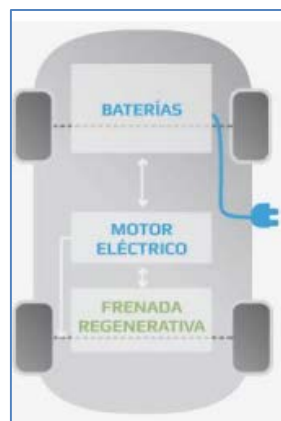


Figura 1.9 Estructura del vehículo eléctrico

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.3.3. Vehículo híbrido enchufable

(Iniesta, Á, 2015) “Estos vehículos son conocidos como vehículos Plug-in y se diferencian del vehículo híbrido en que las baterías tienen acceso a ser recargadas de forma independiente a través de una conexión a la red eléctrica. Estos disponen de un doble comportamiento, pues en las distancias cortas funcionan como vehículo eléctrico y en las distancias largas como híbrido eléctrico”.

(Michaels, 2012) “Los vehículos híbridos Plug-in conocido como PHEV combinan un motor de combustión interna con un motor eléctrico y una batería recargable grande. A diferencia de los híbridos convencionales, los PHEV pueden ser enchufados y recargados desde una toma de corriente, lo que les permite realizar distancias extendidas. Cuando la batería está descargada, el motor convencional se enciende y el vehículo funciona como un no Plug-in híbrido convencional”.

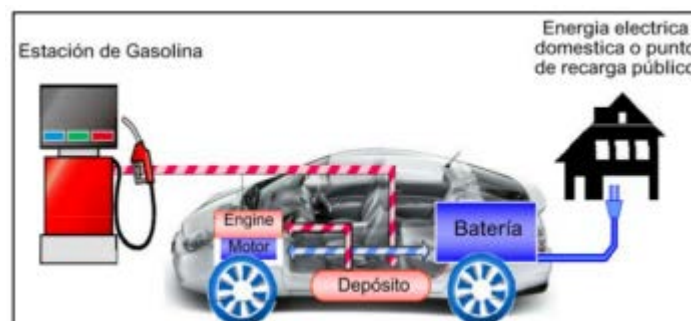


Figura 1.10 Configuración del vehículo híbrido enchufable (Plug-in)

Fuente: (Córdova E, 2015)

(Michaels, 2012) “El motor y la batería de ayuda PHEV eléctricos, figura 1.11, consumen menos combustible y producen menos contaminación que los coches convencionales, incluso cuando está en modo híbrido. Idle-off se apaga el motor en ralentí, en los semáforos o en el tráfico. El frenado regenerativo convierte parte de la energía perdida en electricidad utilizable, almacenada en las baterías. Y debido a que el motor eléctrico complementa

la potencia del motor, motores más pequeños se pueden utilizar, aumentando la eficiencia de combustible del coche sin comprometer el rendimiento”.

(Iniesta, Á, 2015) “Los PHEV tienen baterías más grandes que los HEV, lo que permite que se desplacen solo con electricidad con una autonomía de entre 16 y 65 kilómetros, o incluso más, si se trata de los modelos actuales de carga ligera. De manera que, mientras la batería esté cargada, un PHEV puede funcionar principalmente con la electricidad almacenada en la batería cuando se conduce en zonas urbanas. El motor de combustión interna puede impulsar el vehículo cuando la batería está totalmente descargada, durante la aceleración rápida, cuando el vehículo alcanza una alta velocidad o cuando se necesita utilizar la calefacción o el aire acondicionado a alta potencia. Cuando funcionan solo con la batería, los PHEV no emiten gases de escape. Aun cuando el motor de combustión interna está en funcionamiento, los PHEV consumen menos gasolina y, por lo general, emiten menos gases de escape que los vehículos convencionales similares”.

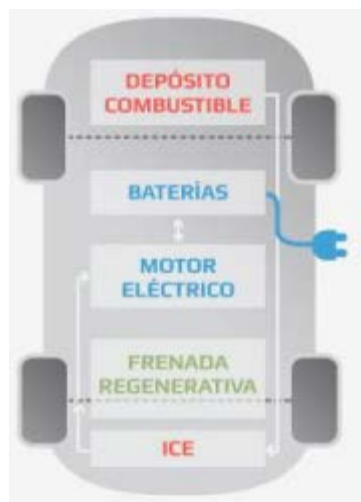


Figura 1.11 Estructura del vehículo híbrido enchufable

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

El consumo de gasolina de un PHEV figura 1.12, depende de la distancia recorrida entre una carga y la siguiente. Si el vehículo nunca se conecta, su economía de combustible cuando se usa solo con gasolina será casi igual a

la de un HEV de tamaño similar. Si el vehículo se conecta para cargarlo y se desplaza una distancia que no supera su autonomía con electricidad solamente, es posible usar solo la energía eléctrica



Figura 1.12 Vehículos híbridos Plug-in

Fuente: (Michaels, 2012)

(Iniesta, Á, 2015) “Diferentes modelos de plug-in de vehículos eléctricos híbridos también pueden tener diferentes sistemas de transmisión, los componentes mecánicos que proporcionan potencia a las ruedas motrices. Esta tipología se considera la transición entre el vehículo híbrido y el eléctrico puro, reuniendo una serie de ventajas de ambos que lo hacen portador clave para llevar a cabo la electrificación del vehículo en entornos urbanos. Dado que estadísticamente la sociedad emplea el vehículo como medio de transporte para desplazamientos reiterados y de poca distancia, el híbrido enchufable es ideal para un entorno urbano donde se puede recuperar la energía en las frenadas y no consumir durante las paradas figura 1.13. Éste sería impulsado por el motor eléctrico, contando siempre con el motor térmico para realizar autonomías mayores. Pero lo realmente importante es que, realizando un análisis global, la mayoría de kilómetros recorridos serían gracias al uso del motor eléctrico y, por tanto, sustentados con energía limpia de la red”.



Figura 1.13 Vehículo híbrido enchufable Toyota Prius

Fuente: (Michaels, 2012)

(Iniesta, Á, 2015) Menciona “Las ventajas que presenta esta hibridación son las siguientes:

- Menor consumo de combustible por cada kW-h consumido.
- Mayor eficiencia del combustible.
- Se consiguen mayores autonomías en modo eléctrico.
- Menores emisiones contaminantes, sobre todo si la electricidad consumida es de origen renovable como la eólica o proviene de una hidroeléctrica como es el caso de nuestro país.
- Ahorro económico, como contribución al aplanamiento de la curva de demanda si se recargan las baterías durante las horas valle.
- Con ellos surge la posibilidad de comportarse como acumuladores de energía y poder devolver la energía sobrante a la red”.

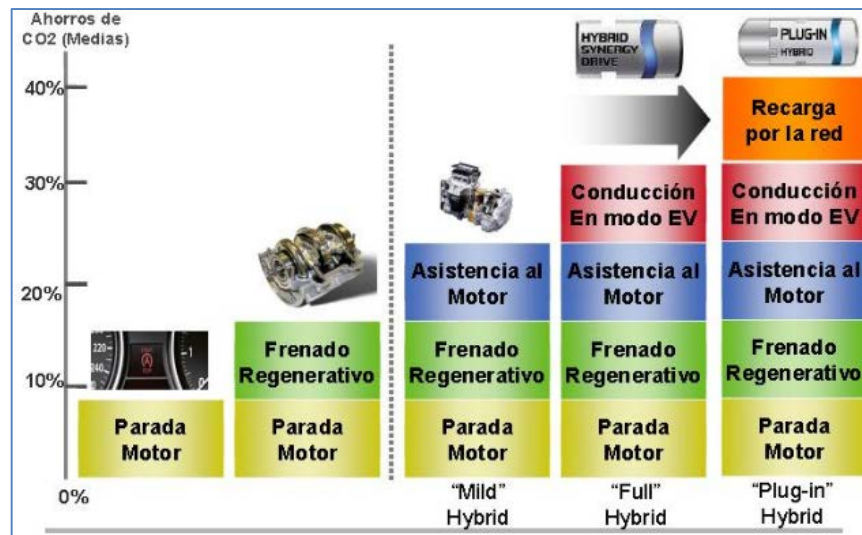


Figura 1.14 Porcentajes de disminución de CO2

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.4. Diferencias entre los híbridos enchufables y vehículos eléctricos

(Michaels, 2012) Figura 1.15 menciona los siguientes puntos en relación a los vehículos enchufables y eléctricos:

- Los híbridos convencionales tienen un motor eléctrico y la batería, al igual que los Vehículos Plug-in, sino que derivan todo su poder de gasolina y no pueden recargarse enchufando. Debido a esto, los híbridos enchufables no se consideran vehículos eléctricos (EV).
- Los vehículos eléctricos de batería sólo tienen un motor eléctrico y la batería, que se deriva todo su poder de enchufar la herramienta. A diferencia de los PHEV, las eléctricas de las baterías no tienen un motor de combustión interna y no pueden operar como híbridos. Pero ya que está totalmente alimentado por la electricidad, que no producen emisiones de escape y se pueden conducir sin emisiones cuando está cargado por fuentes de energía renovables.
- Los vehículos eléctricos de pila de combustible accionan un motor eléctrico y la batería mediante la conversión de gas de hidrógeno en electricidad. Vehículos de pila de combustible están sólo empezando a

aparecer, pero ofrecen una promesa significativa como una tecnología limpia de bajo carbono.

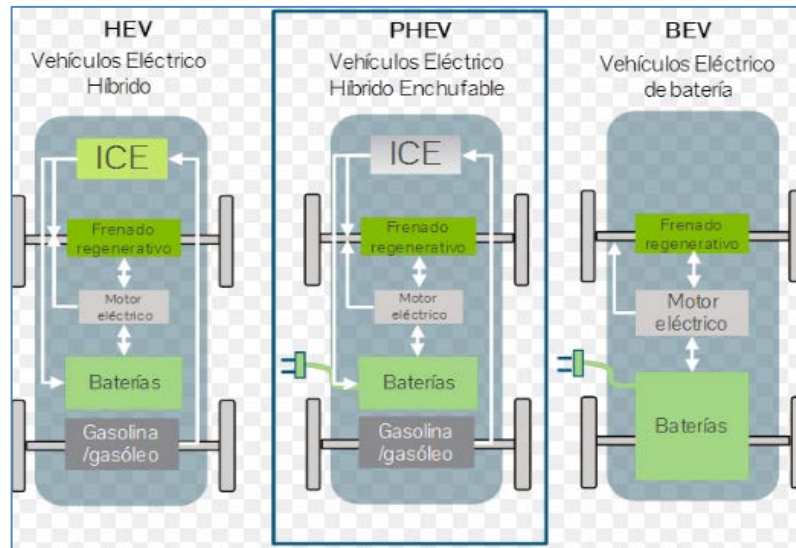


Figura 1.15 Diferencias entre los tipos vehículos eléctricos

Fuente: (Michaels, 2012)

(Pallisé, J., 2015). Menciona que: “Existen diferentes tipos de recarga con los que el vehículo eléctrico puede ser alimentado, utilizando diferentes tomas de corriente normalizadas. Las tomas empleadas a nivel europeo utilizan hasta 230 voltios y 16 ó 32 amperios. Dependiendo de la potencia suministrada por la toma de corriente, ésta determinará la duración de la recarga. Se encuentra la recarga lenta, perfecta para recargar en el domicilio o puestos de trabajo, hasta la más rápida, que puede llegar a realizar una recarga suficiente en 15 minutos. La recarga lenta o convencional es la más extendida y estandarizada debido a su gran aceptación por parte de los fabricantes de vehículos eléctricos. Este tipo de recarga suele realizarse en corriente alterna monofásica, se emplea en los domicilios particulares a la hora de recargar diversos aparatos eléctricos de consumo. Por ello, el nivel de intensidad y voltaje eléctrico es el que se emplea en las viviendas, con 16 amperios y 230 voltios. De este modo, la potencia capaz de suministrar el punto de recarga puede llegar a los 3,7 kW. Dado este potencial, el tiempo empleado para realizar una recarga completa de la batería oscila entre las 6 y 8 horas, variando en función de la capacidad de almacenamiento de la

batería, en torno a los 24 kW-h. Por ello, debido a que el vehículo deberá permanecer inactivo durante largos periodos de tiempo, este tipo de recarga se presenta como la mejor solución para realizarla durante el periodo nocturno en garajes particulares o comunitarios, o bien durante la jornada laboral del usuario donde se tenga acceso a un punto de recarga en el emplazamiento de la empresa”

(Pallisé, J., 2015). En relación a la carga semi-rápida cita que: “Se consigue disminuir los tiempos de estacionamiento frente a la recarga convencional. Para ello, se emplea una corriente de 32 amperios y una tensión de 230 voltios. Con estos valores, el punto de recarga es capaz de suministrar una potencia eléctrica de 7,3 kW. A través de la recarga semi-rápida, el proceso para cargar al 100% la batería del vehículo se alcanzará aproximadamente a las 4 horas, para el caso de una capacidad de almacenamiento de 24 kW-h. Existe la posibilidad de disminuir el tiempo de recarga hasta 1 hora si se realiza con corriente alterna trifásica, utilizando una tensión y corriente de 400 V y 32 A, y suministrando una potencia de 22 kW. En cualquier caso, las potencias entregadas bajo esta recarga en comparación a la recarga rápida, permite una mayor vida útil de la batería al no estar sometida a elevadas temperaturas. Al igual que ocurría con la recarga convencional, los puntos de recarga llevan incorporados un sistema de seguridad como protecciones diferenciales, al igual que sensores de conexión y bloqueo. Mientras que de la recarga rápida establece que: Ante la limitación en la autonomía de los vehículos eléctricos, la integración de puntos de recarga rápida permite extender el número de kilómetros recorridos con recargas de 15 a 30 minutos, recargándose la batería como máximo entre un 65 y 80% de su capacidad, reservándose el porcentaje restante para asegurar un margen bajo la recarga convencional. Para llevar a cabo este tipo de recarga, la energía se suministra en corriente continua empleando una mayor corriente eléctrica de hasta 200 A y 400 V, obteniendo de esta manera una potencia en torno a los 80 kW. Para ello, se precisaría de un rectificador para transformar la corriente alterna suministrada por la red de transporte en corriente continua para la recarga”.

1.5. Tipos de conectores

(Iniesta, Á, 2015). “Los conectores son un elemento importante para llevar a cabo la recarga del vehículo eléctrico. A través de las tomas de corriente se pretende que la recarga se realice con éxito, de forma cómoda y segura para el usuario. Existen conectores de todo tipo a nivel internacional, con distintos tamaños y propiedades, por lo que en la norma IEC 62196 “Bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos” se recogen los más específicos y normalizados”.



Figura 1.16 Tipos de conectores

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.5.1. Conector Schuko

(Iniesta, Á, 2015). “Es el conector más usado a nivel europeo como toma convencional monofásica y trifásica, figura 1.17 definido en el estándar CEE 7/4 Tipo F. Dispone de dos bornes y toma de tierra, y lo podemos encontrar en diversos aparatos eléctricos de uso doméstico. La corriente admitida no supera los 16 A y, al no incorporar una comunicación con la red, están destinados a usarse para las recargas lentas”.



Figura 1.17 Conector Schuko

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.5.2. Tipo 1 - SAE J1772

(Iniesta, Á, 2015). “El conector SAE J1772, Yazaki, Figura 1.18 está estandarizado y se usa de forma específica para cargar los vehículos eléctricos. Su tamaño es de 43 mm de diámetro, en el cual se dispone el número típico de pines, dos de corriente y uno de tierra, además de dos pines complementarios. Estos últimos están diseñados para impedir el movimiento del coche mientras esté conectado y controlar la comunicación con la red. Es por esto y por su forma, lo que los hace tan característico. Dependiendo de la corriente, el funcionamiento de este conector está dividido en dos versiones. La primera con intensidades de hasta 16 Amperios para recargas lentas, y la segunda con mayores intensidades de hasta 80 Amperios para recargas rápidas”



Figura 1.18 Conector Tipo 1

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.5.3. Conector Tipo 2 - VDE-AR-E 2623-2-2

(Iniesta, Á, 2015). “El uso de este conector no es específico para los vehículos eléctricos, pudiendo emplearse de forma más estandarizada a nivel industrial. Conocido también como conector Mennekes Figura 1.19, su diámetro es de 55 mm donde se disponen siete pines distribuidos, de los cuales cuatro son para corriente trifásica, uno para tierra y dos para comunicaciones. El nivel de seguridad de este tipo de conector permite bloquear la clavija, pero no la tapa de la toma. Dispone, al igual que el conector SAE, de dos niveles de funcionamiento. Si la corriente es monofásica está destinado para recargas lentas con intensidades máxima de 16 A, mientras que si es trifásico permite que la recarga se haga de manera rápida con intensidades del orden de 63 A, suministrando una potencia de 43,8 kW”.



Figura 1.19 Conector Tipo 2

Fuente: (Iniesta, Á, 2015).

1.5.4. Conector Tipo 3 – Scame

(Iniesta, Á, 2015). “También se le conoce como EV Plug-in Alliance, Figura 1.20 es un modelo estandarizado a nivel europeo diseñado por el acuerdo entre las empresas Schneider Electric, Legrand y Scame. Una de las ventajas de estos conectores es que presentan una tapa que protege los terminales mientras esté desenchufado. En cuanto a su diseño, dispone de cinco o siete pines para emplearse tanto con red monofásica como trifásica,

con disponibilidad de comunicación a red en ambas. La corriente máxima permitida es de 32 Amperios, por lo que está diseñado para recargas semirápidas”.



Figura 1.20 Conector Tipo 3

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.5.5. Conector Chademo

(Iniesta, Á, 2015). “Representa un modelo estándar creado por diversos fabricantes de automóviles japoneses, como Mitsubishi, Nissan, Toyota y Fuji. Su uso está diseñado para recargas rápidas en corriente continua, con una capacidad admisible de corrientes de 200 A. El tamaño del diámetro, tanto del conector como del cable, es superior al resto de conectores estandarizados. Cuentan con diez pines, incluidos la toma de tierra y la comunicación con la red Figura 1.21”.



Figura 1.21 Conector Chademo

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.6. Modos de recarga

(Iniesta, Á, 2015). Realiza un análisis de métodos de recarga que se explica en los siguientes literales. El modo de recarga viene determinado por el nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga. Debido al amplio desarrollo del vehículo eléctrico, se ha establecido la norma IEC 61851 “Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos, que define los modelos de recarga que se emplean en España, La clasificación y características de cada una de ellas se detallan a continuación en la Figura 1.22.

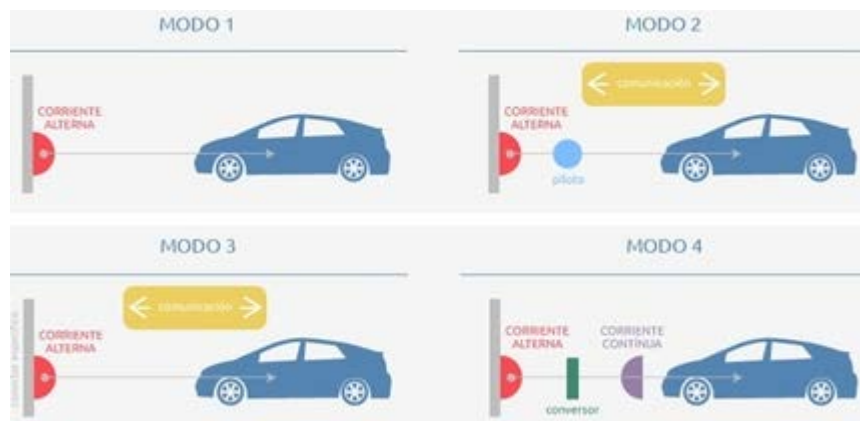


Figura 1.22 Modos de carga

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

1.6.1. Carga modo 1

(Michaels, 2012) Bajo este modo se encuentran aquellas infraestructuras en las que no existe comunicación entre el vehículo y la red, debido a que es el propio vehículo eléctrico el que cuenta con un dispositivo que controla el proceso de carga. La conexión a la red de corriente alterna se hace a través de una toma de corriente normalizada, convencional doméstica o industrial, de uso no exclusivo como el tipo Schuko Figura 1.23.

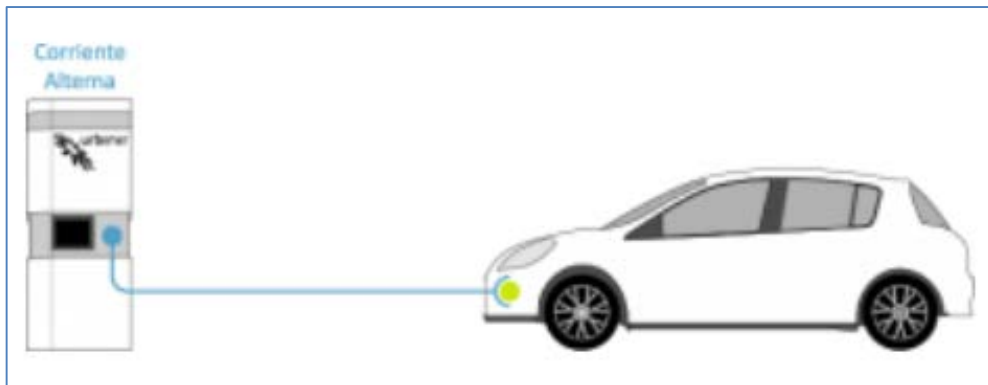


Figura 1.23 Modo de carga 1

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

(Iniesta, Á, 2015). “Se emplea un cable normal que no incorpora ningún tipo de sistema de protección ni de control. En el caso de una recarga monofásica a 230 V, la potencia de carga permitida es de 3,7 kW, y 11 kW si es trifásica a 400 V, con una intensidad máxima en ambos casos de 16 A. Debido a estos limitados valores, este modo de carga se contempla para recargas de sistemas de menor potencia, como las motos y bicicletas eléctricas. En países como EE.UU no se permite la carga en modo 1, donde las normas nacionales no aseguran la presencia de un dispositivo de corriente residual (DCR) en el lado de la alimentación

1.6.2. Recarga Modo 2

(Pallisé, J., 2015) La carga se realiza en corriente alterna figura 1.24, sigue sin existir un intercambio de información entre el vehículo y la red, siendo el propio vehículo el que regula la carga de las baterías. Dispone de un circuito piloto de control intermedio (entre el vehículo eléctrico y la clavija) con protecciones que permite:

- Verificar la correcta conexión del vehículo a la red.
- Comprobar continuamente la conexión a tierra.
- Activar y desactivar la recarga del sistema.
- Seleccionar la velocidad de carga.

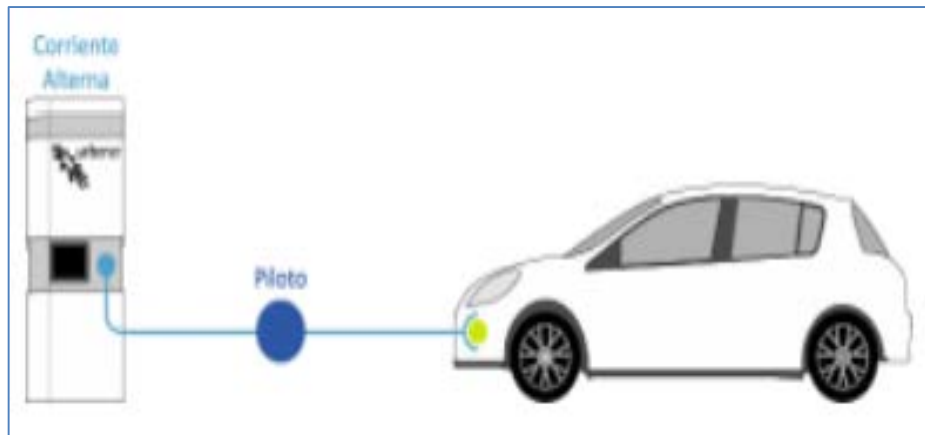


Figura 1.24 Modo de carga 2

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

(Iniesta, Á, 2015) “En la mayoría de casos, en el lado de la infraestructura de recarga se sitúa un enchufe convencional y en el lado del vehículo se dispone de un conector específico. Al tener un sistema de seguridad, permite cargar a un amperaje máximo de 32 A, siendo capaz de transferir una potencia máxima de 7,3 kW para recargas monofásicas y 22 kW para trifásicas”.

1.6.3. Recarga Modo 3

(Piñeiro E, 2013) “Existe comunicación entre el vehículo y el punto de recarga Figura 1.25, ya que la conexión directa del vehículo a la red se realiza mediante un equipamiento dedicado en exclusiva a la recarga del vehículo eléctrico, conocido como SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico), que permite el monitoreo de la carga. De esta manera, las tomas de corrientes empleadas son de uso exclusivo para recargar el vehículo eléctrico y están permanentemente unidas a la red general de distribución”.

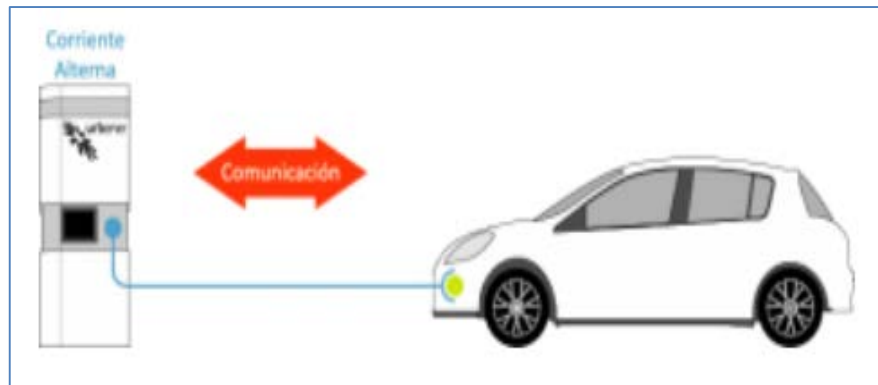


Figura 1.25 Modo de carga 3

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

(Piñeiro E, 2013) “La recarga se lleva a cabo mediante un cable que incorpora un hilo piloto de comunicación y dispone de conectores especiales en ambos extremos del cable, como pueden ser el Mennekes, Scame o SAE J1772, que impiden el acceso a las partes en tensión hasta que finaliza la recarga. Los dispositivos de control y protecciones se disponen en el propio punto de recarga y no en el cable, encargándose de controlar las mismas acciones que en el anterior modo. Los valores máximos permitidos de potencia son los mismos que en el modo 2, mientras que la intensidad máxima puede ser ampliada de 32 a 64 A. Este modo destaca por su seguridad y capacidad de carga bajo diferentes niveles, por lo que es el recomendado por los fabricantes de vehículos y gestores de carga”.

1.6.4. Recarga Modo 4

(Iniesta, Á, 2015) “Existe un grado elevado de comunicación con la red y mediante este modo se consiguen transmitir mayores cantidades de potencia de la red al vehículo Figura 1.26, por lo que está diseñado para la recarga rápida en corriente continua, empleando como conectores el Chademo. La conexión del vehículo eléctrico a red es indirecta, y se hace a través de un SAVE dedicado con toma de recarga fija. Mediante un cargador externo se realiza la conversión de corriente alterna a continua en la

instalación fija, con la ventaja de que el cliente no necesita disponer de un cable, pues está incorporado en el cargador externo”.

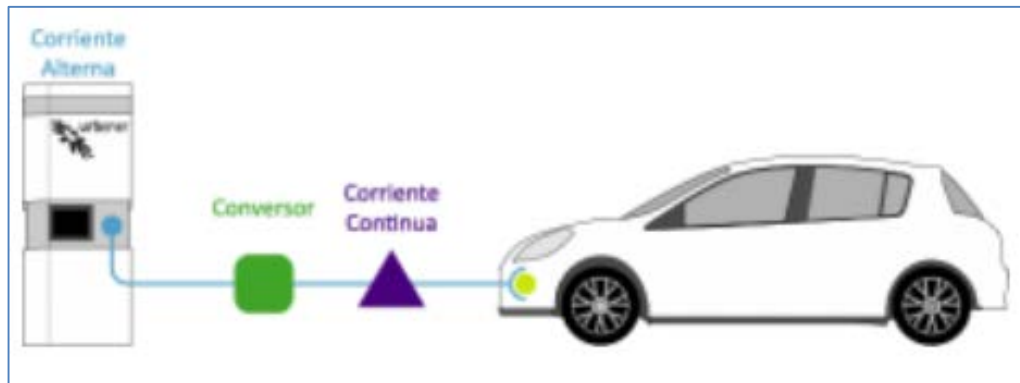


Figura 1.26 Modo de carga 4

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

Tanto las funciones de control como de protección se encuentran en el lado de la instalación fija. Una de las ventajas de que el convertidor se sitúe en el punto de recarga es que permite recargas de mayor potencia y tensión, reduciendo de esta manera las pérdidas y el calentamiento en el convertidor del coche.

1.7. Alternativas de recarga.

(Chancusig, F., 2014) “Los diferentes modos de recarga comentados, se basan en una recarga conductiva a través de la conexión del vehículo a la red mediante una serie de cables, utilizando una toma de corriente, como puede ser un enchufe doméstico o un punto de carga. Aunque este sistema de recarga es el más habitual y desarrollado, existen otras tecnologías de recarga que ya han sido puestas en marcha en determinados países, y se prevé una mayor incorporación a nivel mundial en los próximos años”.

1.7.1. Recarga inductiva

(Chancusig F., 2014) “Con la recarga inductiva, la tarea de recargar el vehículo se convertiría en algo cómodo y sencillo para el usuario, ya que

bastaría con posicionar el vehículo sobre el sistema de recarga para que comience de forma automática. Esta recarga se realiza de forma inalámbrica, a través de inducción o por resonancia electromagnética, desde una plataforma de transmisión situada en el suelo hasta el dispositivo de recepción que se encuentra incorporado en el interior del vehículo eléctrico. La recarga figura 1.27 se realiza a distancias cortas, empleando un campo electromagnético para llevar a cabo el intercambio de energía. Mientras que la recarga por resonancia emplea dos bobinas de cobre, una actuando como emisora y otra como receptora, y la transferencia de energía se produce cuando ambas bobinas se encuentran cerca y funcionan con la misma frecuencia. La principal ventaja reside en la eliminación de cables entre el vehículo y el punto de conexión, evitando así la vulnerabilidad de los cargadores por cable ante posibles robos o daños por vandalismo”



Figura 1.27 Recarga inductiva

Fuente: (Iniesta, Á, 2015)

(Chancusig F., 2014) “Este tipo de recarga se puede llevar a cabo bajo recargas estáticas, cuando el vehículo esté detenido en el domicilio y durante las paradas realizadas en la circulación, o basándose en una recarga dinámica donde este vehículo se recargaría circulando sobre sistemas integrados en el asfalto. De esta manera, permite una reducción en el tamaño de las baterías y consecuentemente, en el peso total del vehículo. Esta nueva forma de recarga se presenta como una tecnología prometedora por sus considerables ventajas”

(Córdova E, 2015) “Compañías como la norteamericana HEVO Power, han diseñado un sistema de recarga inalámbrico a través de resonancia electromagnética con el aspecto de una alcantarilla, o como la compañía Evatran, la cual ya ha distribuido con popularidad este sistema de recarga que permite adaptarse a los modelos Nissan Leaf y Chevrolet Volt Figura 1.28”.

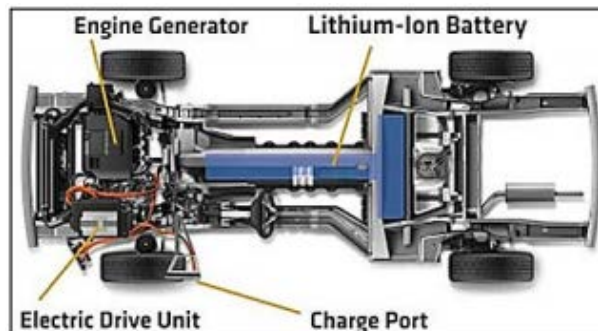


Figura 1.28 Vehículo híbrido enchufable Chevrolet Volt

Fuente: (Córdova E, 2015)

1.8. Marco Legal

Existen referencias en cuanto al marco legal estipuladas en la Constitución Política del Estado Ecuatoriano, así como decretos ejecutivos y ordenanzas relacionados con la investigación, entre los que cito los siguientes:

Constitución Política del estado:

Artículo 3.

“Es deber primordial del Estado proteger el Medio Ambiente”.

Artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir;

Artículo 86.

“Declara de interés público la preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; así como la prevención de la contaminación ambiental, la recuperación de los espacios naturales degradados; el manejo sustentable de los recursos naturales”.

Artículo 83

De la Norma Constitucional señala que es deber y responsabilidad de las ecuatorianas y ecuatorianos respetar los derechos de la naturaleza; redacta la ordenanza del sistema integral de manejo de residuos sólidos domésticos, comerciales, industriales peligrosos y biológicos potencialmente infecciosos.

Decreto Ejecutivo No. 2332: R.O. No. 482 (15 de diciembre de 2004). Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (D.E: 1215).

Artículo. 15,

En lo referente a los derechos de Buen Vivir hace mención que; “El Estado promoverá en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias, de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria ni afectará al derecho al agua”.

Artículo. 413

El estado promoverá la eficiencia energética el desarrollo, uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

1.9. Marco conceptual

PHEV: Un vehículo híbrido eléctrico enchufable (en inglés plug-in electric hybrid) o vehículo híbrido enchufable (en inglés plug-in hybrid), también llamado PHEV por sus siglas en inglés o vehículo eléctrico de autonomía extendida, es un vehículo híbrido eléctrico cuyas baterías pueden ser recargadas enchufando el vehículo a una fuente externa de energía eléctrica

PEV: Un vehículo eléctrico es un vehículo propulsado por uno o más motores eléctricos. La tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices impulsadas por motores rotativos, o en otros casos utilizar otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales, los motores inerciales, o aplicaciones del magnetismo como fuente de propulsión, como es el caso de los trenes de levitación magnética

HEV: Un vehículo híbrido eléctrico es un vehículo de propulsión alternativa combinando un motor eléctrico y un motor de combustión. Los automóviles híbridos utilizan un motor eléctrico y uno de combustión interna.

Amperaje: La fuerza o la potencia en una corriente eléctrica circulando entre dos puntos, estos son el negativo y el positivo a través de un conductor o cable eléctrico. La corriente eléctrica circula del negativo hacia el positivo.

Voltaje: Fuerza electromotriz (FEM) que ejerce una presión o carga en un circuito eléctrico cerrado sobre los electrones, completando con esto un circuito eléctrico. Esto da como resultado el flujo de corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la presión ejercida de la fuerza electromotriz sobre los electrones o cargas eléctricas que circulan por el conductor, en esa medida será el voltaje o tensión que existirá en el circuito.

SOC: Estado de carga -SOC- de la batería de alta tensión es de suma importancia para el funcionamiento del sistema. El estado de carga (SOC)

es el nivel de carga de la batería, normalmente expresado como un porcentaje del total de la capacidad máxima que tiene.

Tensión La tensión o potencial (en voltios) es el primer parámetro a considerar, pues es el que suele determinar si el acumulador conviene al uso al cual se le destina.

Electrodo Es un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo, un semiconductor, un electrolito, el vacío (en una válvula termoiónica), un gas (en una lámpara de neón).

Electrolito es la sustancia que contiene iones libres que actúan como un conductor eléctrico. Existe electrolitos como soluciones de ácidos, bases y sales, también hay gases que pueden actuar como conductores eléctricos bajo ciertas condiciones de temperatura y presión.

Torque El par motor o torque es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

Contaminantes La presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

Efecto Invernadero Es la acumulación de los gases de invernadero provocada por la actividad humana, principalmente desde la revolución industrial por la quema de combustibles fósiles y la producción de nuevos productos químicos.

Potencia al freno. Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad de 1 pie por minuto un peso de 33.000libras. La potencia desarrollada por el par motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión

1.10. Conclusiones del capítulo.

Con el referente bibliográfico que citan diferentes autores, es notoria la importancia y trascendencia que tienen los autos eléctricos e híbridos los diferentes componentes su definición, su finalidad dentro de un complejo sistema como es el sistema híbrido en diferentes ámbitos de la sociedad.

Se estructuró la base necesaria para incursionar en la investigación del Análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de alta tensión en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C para elaborar el diseño del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento C para convertirse en una alternativa de uso para reducir la polución.

Se citó las bases teóricas en cuanto a los sistemas de propulsión eléctrica y sus alternativas de uso en vehículos para sustentar la investigación.

Se realizó la investigación bibliográfica, respetando la autoría de cada uno de ellos en fuentes confiables para posterior obtención de resultados.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA INCIDENCIA DE LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA DE ALTA EN EL USO DE VEHÍCULOS ENCHUFABLES.

En este capítulo se presenta la metodología para el desarrollo del diseño de la investigación, el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación; por la característica técnica que dispone la misma, se desarrolló el proceso de medición y levantamiento de la información a través de equipos de tecnología de punta especializado, para establecer los parámetros que se generan en la batería de alta tensión del vehículo híbrido Toyota Prius C para elevar su autonomía, así como también el tratamiento de las variables de investigación, la información que se va recolectando sirvió para su posterior análisis y cuantificación de resultados.

2.1. Diseño de la investigación

En la investigación se realiza el análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C para diseñar el sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento de los vehículos híbridos en la ciudad de Quito motivando el uso de energías limpias.

La investigación es experimental, ya que utilizó dispositivos e instrumentos de medición especializada, control y verificación de parámetros generados por la batería de alta tensión en la operación del vehículo híbrido y posterior enchufable para su incursión en el uso de energías limpias.

2.2. Modalidad de la Investigación

Fue factible de desarrollarla ya que es una investigación de campo; se consideró a la ciudad de Quito como área de influencia, estableciendo el procedimiento de pruebas de las baterías de alta tensión argumentando los resultados mediante mediciones con equipos de tecnología de punta para definir la eficiencia energética que se puede obtener en los vehículos híbridos y posteriormente enchufable, generando una solución en el ámbito académico de injerencia acorde al grado de Maestría en Gestión de Energías, para reducir el uso y dependencia de combustibles fósiles usados en automotores.

La investigación de campo permitió obtener los parámetros de operación en condiciones reales, debidamente documentada, en pruebas de campo y laboratorio fundamentando el uso de baterías de alta tensión para solucionar problemas inherentes al uso de combustibles fósiles para reducir su uso e impacto en nuestra sociedad a través de su implementación en el vehículo híbrido enchufable.

2.3. Investigación de campo

Se investigó en el vehículo Toyota Prius C que es el modelo de mayor circulación en Ecuador, estuvo disponible a tiempo completo para la investigación en las instalaciones de Complete Car Care y Cise Electronics, se analizó sistemáticamente la necesidad de utilizar energías limpias como la eléctrica que es accesible y útil en el sector de la transportación.

A través de AEADE Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador se obtuvo la información de número de unidades de vehículos híbridos en el país con el propósito de respaldar el trabajo de investigación.

Fue indispensable el uso fuentes secundarias, como: libros, artículos científicos, bases digitales, documentos de investigaciones que permitieron procesar resultados y establecer las conclusiones de la investigación.

2.4. Prognosis

Erazo G. (2013) “El petróleo es un recurso energético no renovable que tarde o temprano va a desaparecer, esto es conocido por todos, el costo que representa la destilación para la obtención de sus distintos derivados hacen que se encarezca más su uso. Pero sobre todo problemas relacionados con el calentamiento global, cambios bruscos en el clima, desbordamientos de ríos, deshielos en los polos, aumento en la temperatura de los distintos océanos, huracanes, tormentas tsunamis entre otros, son factores que empeoran si no tomamos acciones firmes para el uso de energías alternativas o energías limpias y renovables que protejan el medio ambiente”.

2.5. Control de prognosis

(Augeri , F., 2012) En el seminario de autos híbridos mencionó que: “Los autos híbridos son un gran avance tecnológico a través del cual se disminuye las afectaciones al cambio climático, la contaminación al medio ambiente. Las baterías de los autos híbridos son un remplazo del combustible fósil contaminante por una energía limpia y renovable”

2.6. Delimitación (temporal, espacial y contenido)

¿Cómo influye la capacidad y autonomía de la batería de elevado voltaje en la eficiencia energética del vehículo híbrido Toyota Prius C en el transporte de la ciudad de Quito en el año 2016?

En la actualidad es escasa utilización de fuentes alternativas de energía renovable como reemplazo de combustibles fósiles en la ciudad de Quito que permitan reducir la polución mediante el uso de energías no renovables. Para la investigación se utilizó baterías de alta tensión para generar a posterior la propuesta de disponer de un vehículo híbrido enchufable en la provincia de Pichincha, ciudad de Quito, Parroquia el Condado.

2.7. Campo de acción.

El campo de acción es la gestión energética aplicada al sector automotriz a través del uso de energías limpias.

2.8. Metodología.

La metodología es experimental ya que a través de ensayos, experimentos, desarrollo de cálculos, mediciones de voltaje, control de parámetros característicos en el vehículo híbrido y su batería de alto voltaje se plantearon fundamentos que sustentaron el uso del diseño del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento de los vehículos Toyota Prius C durante el año 2016 y con ello su eficiencia energética aprovechando el potencial hidroeléctrico que al momento dispone el Ecuador.

En este sentido el desarrollo de investigaciones serias en el ámbito de gestión energética vehicular ofrece buenas perspectivas. En un mundo globalizado en proceso de integración productiva y energética, es particular el interés el uso de energías alternativas, ya que Ecuador al igual que otros países de Latinoamérica, poseen un gran potencial energético como es a través del uso de las hidroeléctricas.

Al momento a través del plan nacional del buen vivir y el cambio de la matriz productiva se tiende a dar prioridad al uso de este tipo de energías aplicadas a los automotores. El uso de la energía eléctrica tanto en el ámbito doméstico en el Ecuador está en constante aumento, en particular su uso en vehículos que ha crecido tanto por el aumento del parque

automotor como por las políticas de incentivo por parte del gobierno a estas tecnologías.

(Ruiz R., 2007) “En el proceso de la investigación científica se utiliza diversos métodos y técnicas según la ciencia particular de que se trate y de acuerdo a las características concretas del objeto de estudio. Existen, sin embargo, métodos que pueden considerarse generales para todas las ramas de la ciencia en tanto que son procedimientos que se aplican en las distintas etapas del proceso de investigación con mayor o menor énfasis, según el momento en que éste se desarrolle. Estos métodos son el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción”.

Utilizando la información proporcionada por (Ruiz R., 2007) quien en la figura 2.1. El método es un camino para: investigar, conocer y descubrir, hace referencia a los métodos generales, específicos y particulares, de los cuales he resaltado los que relacionan la aplicación de la investigación.



Figura 2.1 Métodos de investigación aplicados

Fuente: Ruiz

(Hernández J., 2007) “Se adoptará la siguiente clasificación: investigación experimental e investigación no experimental A su vez, la investigación experimental puede dividirse de acuerdo con las categorías de Campbell y Stanley (2006) en: pre experimentos, experimentos puros” (verdaderos) y cuasi experimentos. La investigación no experimental será subdividida en diseños transaccionales o transversales y diseños longitudinales.”

Como menciona (Bautista M., 2009) “Los dos tipos de investigación son relevantes y necesarios, tienen un valor propio, ambos deben llevarse a cabo. Cada uno posee sus características, la elección sobre que clase de investigación y diseño específico se selecciona, depende de los objetivos que sean trazado, las preguntas planteadas, el tipo de estudio a realizar

(exploratorio, descriptivo, correlacionar o explicativo) y las hipótesis formuladas”.

Desarrollando la correlación de los métodos de investigación para utilizar las baterías de alta tensión para usarlas en un sistema enchufable que permitió usar una fuente de energía limpia en vehículos de transporte.

El análisis sistemático se ha realizado pruebas ordenadas desde, el verificar a través de pruebas de tipo eléctrico, electrónico estableciendo características de operación tanto del vehículo híbrido y las baterías de alto voltaje.

Se aplicó la síntesis en el desarrollo de pruebas de soporte a la investigación sin omitir ninguna ni descartar otra.

En la aplicación del método inductivo, se partió de hechos particulares como el valor de voltajes por packs, control de estado de carga y descarga, activación de motores generadores, activación del motor de combustión interna, corriente de carga descarga y consumo de energía entre otros.

La observación y experimentación en el uso del osciloscopio, escáner, voltímetro, fueron de utilidad para establecer conclusiones y determinar resultados que aportan a la investigación.

La matematización de los resultados de medición es importante para manejar una estadística básica para levantar valores de medición y cálculo disminuyendo probabilidades de error.

Según (Hernández J., 2007) dice que: “La muestra es, un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características a los que llamamos población”.

Un muestreo intencional, según (Ramírez R., 2006), “Es un tipo de muestreo que implica que el investigador obtiene información de unidades de la población escogidas de acuerdo con criterios previamente establecidos, seleccionando unidades tipo o representativas”.

(Hernández J., 2007) “Para seleccionar una muestra, lo primero entonces es definir la unidad de análisis, personas, organizaciones, periódicos, etc. Es decir “quiénes van a ser medidos”, depende de precisar claramente el problema a investigar y los objetivos de la investigación. Estas acciones nos llevan al siguiente paso, que es el de delimitar una población.

2.9. Utilidad práctica

En este contexto, en los últimos años se ha empezado a promocionar los vehículos eléctricos e híbridos como una alternativa de control y mitigación al calentamiento global, que permitió que a través del desarrollo experimental de un diseño adecuado reducir la polución en la ciudad de Quito en el año 2016.

2.10. Utilidad Metodológica

Se generó el protocolo y procedimiento de prueba para la medición de parámetros característicos, de gestión energética en vehículos híbridos para establecer el estado de carga adecuado en un vehículo Toyota Prius C para ser socializados y difundidos. El material resultante puede ser utilizado como fuente bibliográfica para futuros trabajos de investigación, en la docencia de pregrado y postgrado.

2.11. Factibilidad

Fue factible realizar la investigación desde el punto de vista tecnológico y ambiental ya que fue posible tener los equipos de medición con tecnología de punta, interfaces y software de especialidad, la disponibilidad de este tipo de vehículos que se encuentran en el medio, así como laboratorios de entidades educativas como son: Universidad Técnica de Cotopaxi, ESPE Latacunga, CISE Electronics Corp y C-Tres.

2.12. Relevancia social

La investigación es de relevancia social ya que una de las causas de muerte por enfermedades cancerígenas son precisamente las emisiones de gases producidas por vehículos, así como también el efecto invernadero que a todos nos afecta. Una contribución positiva del uso de energías alternativas como la hidráulica transformada a eléctrica frente a las emisiones de gases de efecto invernadero, jugaron un rol muy importante en la reducción de las emisiones, en especial las de monóxido de carbono.

A pesar de la débil infraestructura gubernamental que posee el país con respecto a la investigación de métodos y técnicas para la conservación del ambiente, la existencia de antecedentes en el exterior y la posibilidad de consultarlos a través de la internet abre un mundo de posibilidades que hace posible tener entre los alcances el disponer de tecnologías para establecer soluciones del problema de investigación propuesto para lo cual se cuenta con los recursos necesarios, como la adquisición de materiales, el conocimiento de la técnica y la accesibilidad a la materia prima y componentes necesarios. Esta aplicación a futuro también se constituye un ámbito de generación de empleo, capacitación del talento humano y reducción de costos por uso de combustibles fósiles que bien podrían ser reinvertidos por el gobierno de turno a otras necesidades de tipo social como construcción de infraestructura educativa y sanitaria.

2.13. Datos estadísticos.

Los primeros autos híbridos en el Ecuador estuvieron en el 2005. Tres años después, el Gobierno aprobó la primera norma para incentivar el uso de autos con tecnología eficiente. Esto generó un verdadero 'boom' de vehículos híbridos, explica Diego Luna, presidente de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). Tabla 2.1.

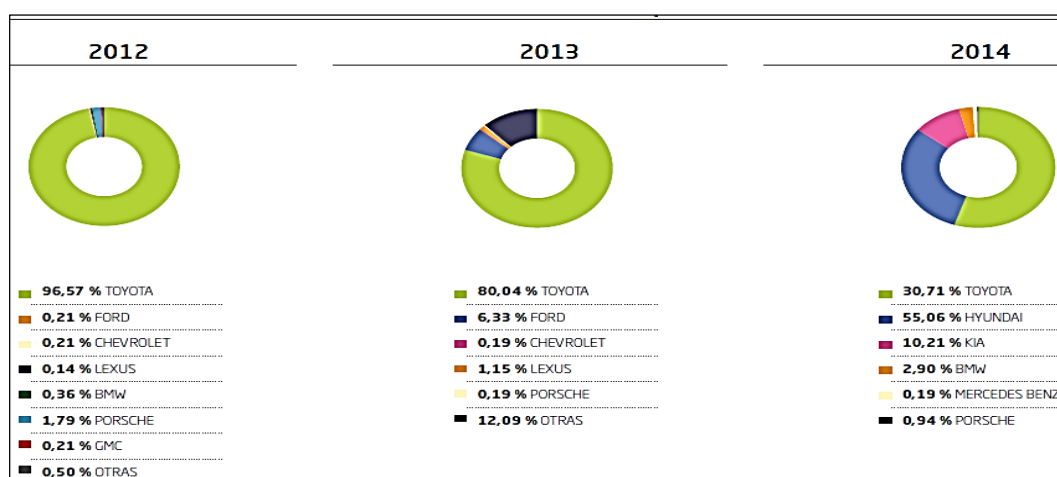
Tabla 2.1 Vehículos híbridos por marca

Marca	2010	2011	2012	2013	2014
TOYOTA	1.840	557	1.352	417	328
HYUNDAI	-	-	-	-	588
KIA	-	-	-	-	109
FORD	1.056	1.034	3	33	0
CHEVROLET	711	328	3	1	0
LEXUS	500	59	2	6	0
BMW	154	82	5	0	31
MERCEDES BENZ	86	78	0	0	2
PORSCHE	54	111	25	1	10
GMC	53	13	3	0	0
OTRAS	55	68	7	63	0
Total	4.509	2.330	1.400	521	1.068

Fuente: (AEADE, 2014)

Las ventas se multiplicaron por nueve y pasaron de 510 unidades vendidas en el 2008 a 4 509 en el 2010. Después de ese año, el mercado de híbridos no volvería a alcanzar ese nivel por dos causas. La primera fue la decisión del Gobierno a mediados del 2010 de ajustar la política de incentivos. Por ello, resolvió exonerar solo a los autos híbridos económicos (de hasta 2 000 centímetros cúbicos). El resto paga aranceles que van del 10 al 35%, además del Impuesto al Valor Agregado (12%) y el Impuesto a los Consumos Especiales (del 8 al 12%, según el modelo del vehículo). Esto duplicó el precio de los autos híbridos que quedaron fuera de los incentivos y las ventas cayeron año tras año según las estadísticas de AEADE. Pero lo que realmente impactó en el mercado fue la decisión de incluir desde el 2012 a este segmento dentro de la política de cuotas. Esto redujo la oferta y hundió las ventas, que se ubicaron en 521 híbridos el 2013.

Tabla 2.2 Porcentaje de venta de vehículos híbridos por marca



Fuente: (AEADE, 2014)

El número de marcas que importan estos modelos también se redujo. En el 2010, ocho marcas captaban el 99% del mercado de híbridos. Al 2013, el número se redujo a cinco. Pese a ello, los incentivos gubernamentales, aunque menores que en el pasado, han puesto al país como uno de los países que más promueve el uso de vehículos con tecnología eficientes en la región. Del total de híbridos vendidos en América Latina por la marca Toyota que vende el 70% de autos híbridos en el mundo, el 65% fue comercializado en Ecuador; el resto fue a mercados de Chile, Argentina y Costa Rica. En Japón, el 50% de autos que se ofertan son híbridos. (Orozco., 2015)

Tabla 2.3 Importación de vehículos híbridos por segmento

SEGMENTO	2010	2011	2012	2013	2014
AUTOMÓVILES	1.275	390	1.350	504	1.029
CAMIONETAS	353	35	1	0	
SUV'S	3.823	376	93	29	45
Total general	5.451	801	1.444	533	1.074

Fuente: (AEADE, 2014)

Tabla 2.4 Importación de vehículos híbrido por país de embarque

PAÍS	2011	2012	2013	2014	Total
COREA				752	752
EE.UU.	121	36	30	23	3.758
JAPÓN	357	1.387	396	267	3.789
MÉXICO	115	0	0		417
ALEMANIA	205	17	17	32	382
BÉLGICA			0		103
OTROS	3	4	90		102
Total general	801	1.444	533	1.074	9.303

Fuente: (AEADE, 2014)

2.14. Métodos y técnicas a ser empleadas

En la investigación se aplicó las siguientes técnicas: observación directa, experimentación y medición. La observación directa se utilizó en la investigación con el propósito de tener un registro sistemático del evento que se desea analizar.

Mediante el uso del Teach-stream, escáner, osciloscopio y multímetro se obtuvo valores de operación para la propuesta del plug – in híbrido.

2.14.1. Método inductivo

Se inicia por la observación de fenómenos particulares con el propósito de llegar a una conclusión debido a que el uso de baterías de alta tensión adicional son factibles de utilizarlas en vehículos híbridos enchufables para lograr la reducción de emisiones contaminantes por la presencia de la aplicación de energías alternativas.

2.14.2. Método estadístico

La estadística agrupa metódicamente los hechos susceptibles de descubrirse, las indicaciones precisas que le permiten conocer el origen de los hechos estudiados. Con los datos obtenidos mediante el escáner y voltímetro se define el estado de la batería de alta tensión que se implementó en el vehículo Prius C para relacionarlo en cuanto a eficiencia energética de su aplicación.

2.14.3. Método de Análisis

La energía eléctrica obtenida de fuentes alternativas cada vez se constituye una fortaleza de aplicación en el campo automotriz combinándose inicialmente con motores de combustión y hoy en vehículos enchufables y eléctricos que van ingresando en nuestro país que relacionan su aplicación considerablemente con el plan nacional del buen vivir sin interferir con la soberanía alimentaria.

2.14.4. Método de Síntesis

El sistema enchufable Plug-in híbrido disminuyó el consumo de combustible aumentando la autonomía de desplazamiento del vehículo híbrido y por ende reduciendo la producción de emisiones contaminantes como es material particulado en el motor gasolina sin afectar la potencia global del mismo, constituyéndose en una solución y alternativa en el sector automotriz.

2.15. Operacionalización de las variables

Se relaciona el objetivo de la investigación

“Desarrollar el análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C para generar un sistema de control de energía que mejore la autonomía de desplazamiento durante el año 2016”

2.15.1. Variable independiente:

Análisis energético de la capacidad batería de alto voltaje.

Tabla 2.5 Variable Independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Análisis de los parámetros característicos de la batería de alta tensión que determinan la eficiencia de la misma	Tecnológica	Consumo de combustible por km recorrido	Km/gl	Medición	Guía de prueba Odómetro
	Tecnológica	Número de packs por batería	Unidad	Conteo	Observación
	Tecnológica	Nivel de voltaje	V	Medición	Guía de prueba Multímetro
D	Experimental	Carga de batería HV SOC	%	Medición	Prueba de Laboratorio
		Descarga de batería HV DSOC	%	Medición	Prueba de Laboratorio
	Tecnológica	Ecuación	%	Medición	Prueba de Laboratorio
		Potencia	kW	Cálculos Medición	Prueba de Laboratorio Ecuaciones
Tecnológica	Tecnológica	voltaje	V	Cálculos Medición	Prueba de Laboratorio Ecuaciones
		Estado de vida	%	Cálculos	Ecuaciones Prueba de Laboratorio.

2.15.2. Variable dependiente.

Tabla 2.6 Variable Dependiente: Consumo de combustible

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Cantidad de combustible fósil que utiliza el vehículo enchufable durante un período de pruebas.	Tecnológica	Cantidad de combustible	Km/gl	medición	Guía de prueba Cálculos
	Experimental	Autonomía	Km	Medición	Guía de prueba Cálculos
	Tecnológica	Reducción de niveles de Emisiones	CO	Cálculo	Prueba de Laboratorio.
	Tecnológica	Elementos del Kit plug-in	Unidad	Diseño	Simulación Modelación
	Factibilidad	VAN - TIR	USD	Cálculo	Ecuaciones.

Fuente: Diego López Guzmán

2.16. Instrumentos tecnológicos de la investigación.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó equipo tecnológico estándar y especializado con el propósito de recolectar información para determinar los parámetros referidos a las baterías de alta tensión y a los vehículos enchufables híbridos los que se detallan en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Instrumentos de la Investigación

ORDEN	INSTRUMENTO – HERRAMIENTA
1	Multímetro automotriz
2	Osciloscopio Automotriz
3	Pinza Amperimétrica
4	Escáner Automotriz
5	Software Ondeman
6	Software Techstream
7	Software Bright spark.

La observación directa puede aplicarse en algunas investigaciones con el objeto de tener un registro sistemático del evento que se desea analizar.

2.16.1. Multímetro automotriz.

El multímetro automotriz es una herramienta de prueba y de diagnóstico invaluable para los especialistas y técnicos electricistas, así como de otros profesionales que desean usar este instrumento en sus respectivas áreas como es la electricidad y electrónica automotriz.

El que se utilizó para las pruebas es el multímetro Trisco que abarca las siguientes magnitudes.

Tabla 2.8 Características multímetro Trisco

RPM	Medición de las revoluciones por minuto.
TEMP °F/°C	Probeta tipo K, incluido para medir grados Fahrenheit o Celsius, los termostatos, sistema de enfriamiento del motor, calefacción, aire acondicionado y ventiladores.
⚡))	Pruebas de continuidad o mediciones de diodo.
TPS/MAF	TPS.- Para medir y detectar la condición de la válvula reguladora, si el voltaje es bueno o malo. MAF.- Para medir y detectar la condición del sensor de flujo de aire, si este es bueno o malo.
Ω	Mediciones de resistencia.
Δ/V	Para detectar niveles lógicos de voltajes altos, bajos o pulso.

O2	Para detectar la condición del sensor de oxígeno si esta bueno o malo.
DC/AC A	Mediciones de corriente continua o alterna, hasta 20 ^a .
DC/AC mA	Mediciones de corriente continua o alterna, hasta 400mA.
DC/AC volt.	Mediciones de voltaje de corriente continua o alterna.
Kv	Para pruebas de voltaje secundario en bobinas de encendido.
DWELL	Medir lecturas, intervalos directos en vehículos de 4, 6, 8 y más cilindros, intervalos de porcentaje de trabajo.
Hz	Mediciones de frecuencia de hasta 400MHz.
Ms pulse width	Pulso de ancho en milisegundo ± dispositivo para medir el tiempo de los inyectores sin funcionar el control de aire del motor.
Duty %	Medidas de lecturas directas del ciclo de trabajo con el gatillo ±, para medir el tiempo de pulso, no necesita una tabla de conversión.



Figura 2.2 Multímetro Trisco

Fuente: Diego López Guzmán

2.16.2. Osciloscopio automotriz

Este equipo contiene información para la mayoría de vehículos americanos y algunos importados. Tiene incorporado en la misma pantalla los procedimientos de conexión lo que facilita el trabajo. Con una velocidad de 25 MHz. es el más rápido osciloscopio automotriz del mercado, con multímetro gráfico. Comparación en tiempo real de las mediciones con las formas de onda de referencia.



Figura 2.3 Osciloscopio Automotriz

Fuente: Diego López Guzmán

Sus características relevantes están en la Tabla 2.9., son:

Tabla 2.9 Característica del osciloscopio

Orden	Función
1	Analizador de 2 canales.
2	Muestreo de 25 MHz por canal para rápidas actualizaciones de datos.
3	Mediciones y gráficos reales de RMS y GMM (Multímetro gráfico).
4	Una exclusiva "trampa de fallas" captura, despliega y ocasionalmente salva formas anormales de señal en el modo de analizador para la prueba de componentes.
5	Comparación en tiempo real entre las formas de onda reales y formas de onda de referencia en la misma pantalla para la prueba de componentes.
6	Pruebas preestablecidas de revisión de sensores y actuadores.
7	La potente información de referencia incorporada para cada prueba preestablecida incluye procedimiento de prueba y patrón de señal normal de referencia, teoría operativa e indicios para la localización de fallas.
8	Un menú de ayuda extremadamente potente u extenso le permitirá encontrar respuestas rápidamente.
9	La función simple de ignición secundaria muestra la forma de onda junto con el voltaje de chispa, RPM, tiempo de combustión y voltaje de combustión, todo al mismo tiempo.
10	La función diesel permite la regulación de las bombas de inyección y rpm, usando los accesorios opcionales diesel.
11	El interfase USB actualiza códigos y datos enviados por Internet

2.16.3. Toyota Tech Stream

El escáner techstream es un instrumento destinado a analizar los valores y el funcionamiento del vehículo de marca Toyota Lexus y Scion con el cual se puede verificar el valor de los voltajes de las baterías de los autos híbridos además de DTCs y diferentes datos en tiempo real.

El Toyota Techstream Lite, permite diagnosticar todos los sistemas de motores, abs, airbag, transmisión, etc., realiza un diagnóstico vía CAN 50 veces más rápido que los equipos convencionales.

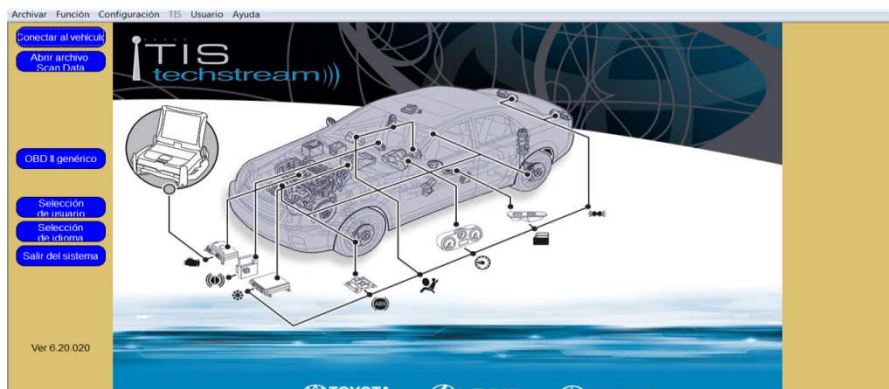


Figura 2.4 Techstream

Fuente: Diego López Guzmán

Conexión fácil y rápida por USB, para realizar aplicaciones de sistemas con su PC. Trabaja a nivel concesionario. Es un equipo original para todo Toyota con conector OBD2 para híbridos con amplia cobertura toda la línea global, gasolina y diésel.

Tabla 2.10 Características Techstream

Orden	Características
1	Lectura de datos del Vehículos PID Data list Lectura de códigos de falla (DTC)
3	Activación de Relays, Solenoide, etc. (Active Test)
4	Reprogramación de ECUs
5	Memoria de datos para verificación de problemas (Snapshot)
6	Cambio de opciones en sistemas electrónicos del Body

2.16.4. Software Mitchell Ondeman

Es un software con base de información sobre las reparaciones del automóvil en sus componentes eléctricos electrónicos, contiene descripción de la tecnología de la reparación y mantenimiento de vehículos, diagnóstico manuales, catálogos de piezas, diagramas de cableado, carrocerías, reparación de instrucciones transmisiones manuales y automáticas.

Es uno de los mejores programas de reparación de automóviles y sirve como una herramienta indispensable para las estaciones de servicio que participan en el mantenimiento, investigaciones y la reparación de automóviles.

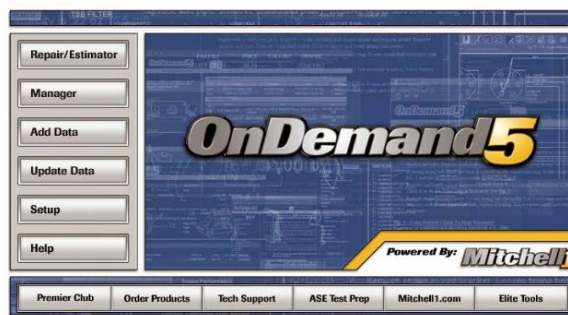


Figura 2.5 Software On Demand

Fuente: Diego López Guzmán

2.16.5. Software Brigh Spark

Este es programa con fines didácticos que se encarga de simular circuitos de una manera “gráfica sencilla”. Explicar el comportamiento de la corriente y de los dispositivos electrónicos mientras se genera una simulación de su funcionamiento, es muy fácil de utilizar incluso por aquellos que jamás se han relacionado con los simuladores, así que ninguno tendrá problemas al utilizarlo. Al principio del programa se abre una ventana que guía sobre el comportamiento de algunos dispositivos electrónicos y de la corriente. Se relaciona con LiveWire y PCB Wizard.

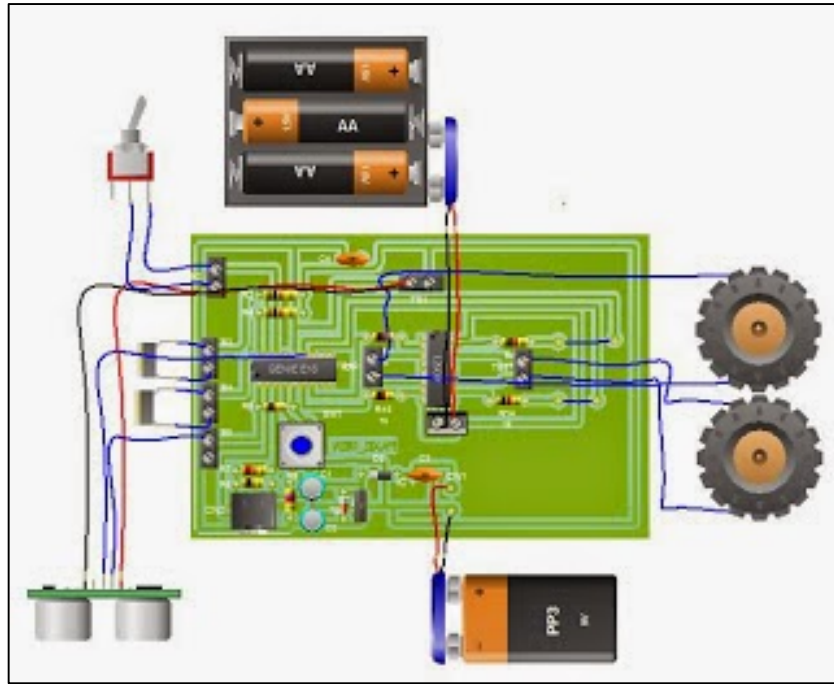


Figura 2.6 Software Bright spark

Fuente: Diego López Guzmán

2.16.6. Vehículo Toyota PRIUS C

El vehículo Híbrido del Prius C posee dos motores, uno eléctrico que cumple con dos funciones, la de propulsión y la de generador según se requiera, el motor a gasolina convencional. La función de propulsión entrega potencia al vehículo con alto ahorro de combustible en reemplazo del motor a gasolina, mientras que cuando se encuentra utilizando el motor a gasolina, el motor eléctrico cumple con la función de generador, recargando la batería híbrida gracias al sistema de frenado regenerativo, motivo por el cual el Prius C Sport no requiere de una fuente externa de energía para recargarse.

El Prius C cuenta con dos fuentes de energía que le otorgan mayor rendimiento y mejor desempeño: un motor a gasolina de 1.500 cc con tecnología VVT-i, 16 válvulas, doble árbol de levas y 100 HP, complementado con toda la potencia de un motor eléctrico.

La transmisión de este moderno vehículo tiene el nombre de E-CVT, Transmisión continuamente variable controlada electrónicamente. Esta

transmisión ayuda a tener un desempeño progresivo de la potencia del motor entregada a las ruedas, lo que se traduce en no tener pérdidas de energía al momento de realizar diferentes cambios de marcha. Esta transmisión cuenta con una marcha marcada con la letra B, Break, la cual funciona como un freno de máquina, disminuyendo la velocidad del vehículo pero ayudando a que la batería híbrida se recargue más rápido.

El principal objetivo de los vehículos híbridos de Toyota es disminuir considerablemente el consumo de combustible y reducir al máximo las emisiones de CO₂. El Prius C Sport alcanza un rendimiento de combustible de hasta 98,7 Km/g en promedio entre ciudad y carretera, un rendimiento, muy superior al de cualquier vehículo convencional.



Figura 2.7 Vehículo Prius C

2.16.7. Banco de pruebas de baterías de alta tensión.

El banco de pruebas para de baterías de alta tensión se ajusta a parámetros y etapas de operación en carga y descarga, con las siguientes características:

- Alimentación voltaje alterno de 110 VAC.
- Fuentes de corriente continua.

- Limitadores de corriente, para elevar el rendimiento en la carga de la batería HV.
- Capacidad de baterías a cargar de 9V, 214, 300 VCC.
- Elementos de medición para monitoreo de tensión en la batería HV.
- Accionamientos de carga y descarga dependiendo del requerimiento.

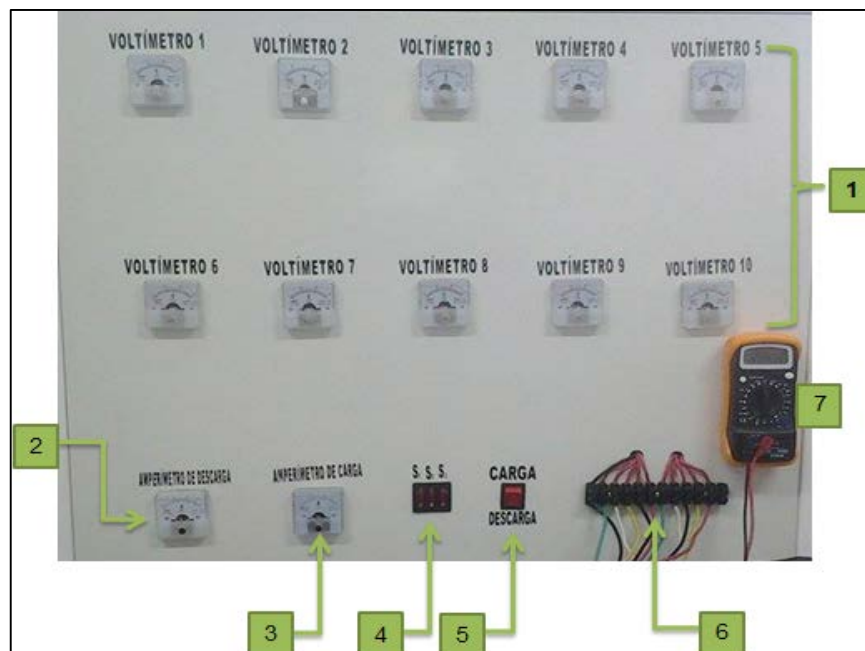


Figura 2.8 Banco de pruebas y recarga de baterías

Fuente: Gómez, Hidalgo, Erazo.

1. Voltímetros monitoreo del voltaje de los pack de la batería.
2. Amperímetro monitoreo del amperaje de descarga.
3. Amperímetro monitoreo del amperaje de carga.
4. Interruptores S1, S2, S3 en el proceso de descarga.
5. Interruptor de activación para carga y descarga la batería de alta tensión.
6. Bornera de cables de conexión a la batería para el monitoreo de voltajes en cada uno de los packs.
7. Multímetro para realizar mediciones en la batería.



Figura 2.9 Calzado de seguridad

El uso de guantes aislantes figura 3.2 es obligatorio para la protección de las manos en el desarrollo de tareas relacionadas con el mantenimiento de los vehículos híbridos y plug-in. El material aislante, reduce el riesgo de sufrir daños ante posibles descargas eléctricas



Figura 2.10 Guantes aislantes

La desconexión de las series de paquetes de baterías llega al polo positivo y negativo para su distribución, por lo que se debe retirar el jumper de seguridad que abre el circuito de alimentación de alta tensión.

2.17. Conclusiones del capítulo

- Se definió los métodos de investigación experimental y de campo para definir la eficiencia de las baterías de alta tensión de los vehículos híbridos para usarla como fuente de energía en vehículos plug-in.

- Se diseñó la metodología de la investigación para la recolección de información relevante.
- Se mencionó instrumentos de tecnología de punta para determinar la eficiencia de los sistemas híbridos enchufables.
- Se caracterizó los equipos y herramientas para el desarrollo de la investigación para obtener resultados confiables.
- Se dispuso de los equipos y herramientas con el propósito de desarrollar la investigación.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INCIDENCIA DE LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA DE ALTA EN EL USO DE VEHÍCULOS ENCHUFABLES.

En este capítulo se desarrolló las mediciones en las baterías de alta tensión tanto del vehículo Prius C, como del vehículo Toyota Highlander que fueron componentes de la investigación, considerando los procesos de carga y descarga en cada una de ellas, verificados a través del uso de bancos de pruebas para considerar su uso en el vehículo enchufable.

Cada una de las pruebas realizadas sirvió para sustentar la factibilidad del uso de baterías de alta tensión en el uso de un sistema enchufable. Plug-in.

3.1. Procesos y mediciones previas del sistema plug-in.

Para realizar pruebas y mediciones en el sistema híbrido se mantuvo las normas de seguridad, usando equipos de protección de alto voltaje recomendados por la norma.

Adicional a los equipos tecnológicos es necesario utilizar prendas de seguridad como son: calzado de seguridad punta de acero figura 3.1, estos son utilizados en las diferentes actividades laborales, como equipo de protección personal diseñado para resguardar a los trabajadores de diferentes riesgos principalmente destinados a la protección de los dedos de los pies y de tipo eléctrico.

Para trabar sin riesgos debemos cortar la serie de las baterías de elevado voltaje , esto se logra desconectando el Jumper de seguridad que abre el circuito y permite trabajar sin riesgo alguno.



Figura 3.1 Jumper de seguridad

Fuente: Diego López Guzmán

El control de la batería se realiza por medio de la unidad electrónica que fue adecuada a través de un circuito electrónico plug-in conveniente para realizar el control de manera confiable del proceso de carga, descarga y diagnóstico del sistema.

Los datos más relevantes de este proceso son:

- Voltaje de cada pack de batería.
- Resistencia interna de celdas.
- Intensidad de descarga.
- Intensidad de carga.
- Estado de carga de batería.
- Estado de descarga

Estos parámetros permiten conocer el estado individual de cada una de las celdas de la batería y el estado general de la misma. La información obtenida permitió tomar la mejor decisión para seleccionar la batería del Toyota Highlander para el sistema plug-in.

3.2. Control del estado de carga o SOC.

Es el nivel de carga de la batería, expresada como un porcentaje del total de la capacidad máxima se expresa en Amperios- hora (A-h) o Kilovatios-hora (KW-h). En el vehículo híbrido, con el motor de combustión (MCI) detenido se pondrá en marcha para cargar la batería cuando el estado de carga baje

de un 40% y se detendrá cuando llegue a un 50%. En funcionamiento el estado de carga podrá llegar a un 80%, sobre todo en conducción en autopista. El objetivo del sistema con el vehículo en movimientos es mantener una batería en un 3/4 lleno, equivalente a un SOC de un 70 a 75%, para evitar sobrecarga y sobrecalentamiento cumpliendo con las normas de seguridad.

3.3. Métodos de Estimación del SOC

Existen varios métodos de estimación de estado de carga de baterías que se han ido desarrollando y mejorando. Estos dependen del tipo de batería y de las condiciones.

Para el caso del vehículo Toyota Prius de la investigación el SOC es calculado por la unidad electrónica de control (ECU) de la batería ubicada en el conjunto del paquete de baterías. Este módulo y su software son las encargadas de estimar dicho estado de carga con gran precisión.

3.4. Estimación basada en voltaje

Este método se basa en una relación directa entre el voltaje en cualquier momento del funcionamiento de la batería y la capacidad disponible de la misma. Es poco preciso debido al comportamiento no lineal de muchos tipos de baterías con respecto al voltaje como las de ion litio en un rango de valores intermedio.

3.5. Estimación basada en la intensidad

Este método integra en el tiempo la intensidad que carga y descarga las celdas y su resultado es la carga almacenada en el interior de las mismas. Es calificado como el método más preciso para la estimación del SOC debido a la medida directa de la carga fluyendo hacia y desde la batería.

3.6. Consideraciones para baterías en buen estado.

Una batería de estas se considera en buen estado cuando luego de ser cargadas nos entrega por lo menos el 75% de su capacidad. Es decir si la batería es cargada desde 0 a una corriente constante de 2 amperios por dos horas debería entregarme esa misma corriente por la misma cantidad de tiempo, en cuyo caso diríamos que la batería está al 100%. Esto nunca se da por pérdidas normales en el procedimiento pero podríamos decir que si nos entrega sobre el 75% las baterías se encuentran en buen estado para poder utilizar en este proyecto.

Por ejemplo para una batería tradicional de plomo/ácido de 12 Voltios de voltaje nominal y 75 A-h de capacidad, si es sometida a un proceso de carga a una corriente máxima de un 30% de los 75 A-h, es decir 22 A, la misma estará cargada por encima de un 90 % si su voltaje bajo carga llega a $12 \times 1.2 = 14.4 \text{ V}$

3.7. Investigación de la batería de elevado voltaje del Toyota Highlander

La batería de elevado voltaje del vehículo Highlander figura 3.4 está ubicada debajo del asiento posterior, dispone de un sistema de frenado regenerativo para recarga. Se activa si el vehículo está en movimiento, convierte la energía cinética en energía eléctrica para poner en funcionamiento el motor eléctrico.

La batería dispone de tres bloques: Dos de 12 celdas y uno de 6 celdas que es el intermedio que forma un total de 30 celdas cada una con 8 mini celdas que 1.2 voltios conectados en serie, que dan 9.6 voltios en total por celda y un voltaje nominal total de 288 voltios.



Figura 3.2 Bloques de la batería HV del Toyota Highlander

Fuente: Diego López Guzmán

La batería de alta tensión del vehículo Highlander dispone de los parámetros citados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Característica de la batería HV Toyota Highlander

•	Tipo de batería = Níquel Metal.
•	Voltaje nominal = 288V.
•	Voltaje de cada mini celda = 1.2 voltios.
•	Numero de celdas = 30
•	Voltaje de cada celda = 9,6 voltios.
•	Numero de packs = 3
•	Tipo de conexión entre packs = conexión en serie.
•	Potencia = 1.9 kW
•	Capacidad = 6.5 A-h

3.8. Investigación del estado y características para uso en el sistema plug – in

Se procedió a identificar la batería HV, sus componentes, disposición al equipo de pruebas genérico de control de baterías figura3.5. de la siguiente manera:

Conexión del cable positivo del equipo a la celda negativa del bloque.
Conexión del cable número uno de la bornera al paquete uno del bloque.
Conexión del cable número dos de la bornera al paquete dos del bloque.
Conexión del cable número tres de la bornera al paquete tres del bloque.
Conexión del cable número cuatro de la bornera al paquete cuatro del bloque.
Conexión del cable número cinco de la bornera al paquete cinco del bloque.
Conexión del cable número seis de la bornera al paquete seis del bloque.
Conexión del cable negativo del equipo a la celda positiva del bloque.
Esta batería pertenecía a un vehículo Toyota Highlander del año 2009 con un kilometraje de 65000 km.



Figura 3.3 Batería de alta tensión en el banco de pruebas

Fuente: Diego López Guzmán

Realizado el desmontaje se procedió a realizar la medición de voltaje de cada uno de los packs de la batería de alta tensión figura 3.6. y se registra en la tabla 3.2.



Figura 3.4 Medición de voltaje de cada celda

Fuente: Diego López Guzmán

Tabla 3.2 Medición de los bloques de packs Toyota Highlander

Bloque No.1 12 packs [V]	Bloque No.2 6 packs [V]	Bloque No.3 12 packs [V]
9.64 V	6.02 V	9.62 V
9.14 V	9.56 V	9.06 V
8.97 V	9.50 V	9.32 V
8.75 V	9.62 V	9.18 V
8.73 V	9.61 V	9.18 V
8.19 V	9.55 V	9.23 V
7.98 V		9.04 V
7.70 V		9.62 V
8.09 V		9.14 V
7.85 V		9.17 V
7.94 V		8.82 V
9.00 V		8.89 V

El voltaje nominal de cada celda es de 9.2 voltios, como se observa en los tres bloques existe diferencias en la mediciones por lo que es necesario que previo a su uso en el sistema plug-in se realice el reacondicionamiento de todos los bloques ya que como es una batería usada siempre presenta desbalanceo entre celdas una vez realizado este trabajo está apta para el estudio de esta investigación.

El comportamiento de cada bloque y la ecualización de la batería se presentan en la figura 3.7. el voltaje total del primer bloque es 101.94 voltios, del segundo bloque es 53.86 voltios y del tercer bloque es 110.27 voltios dando un total de 266.07 voltios.

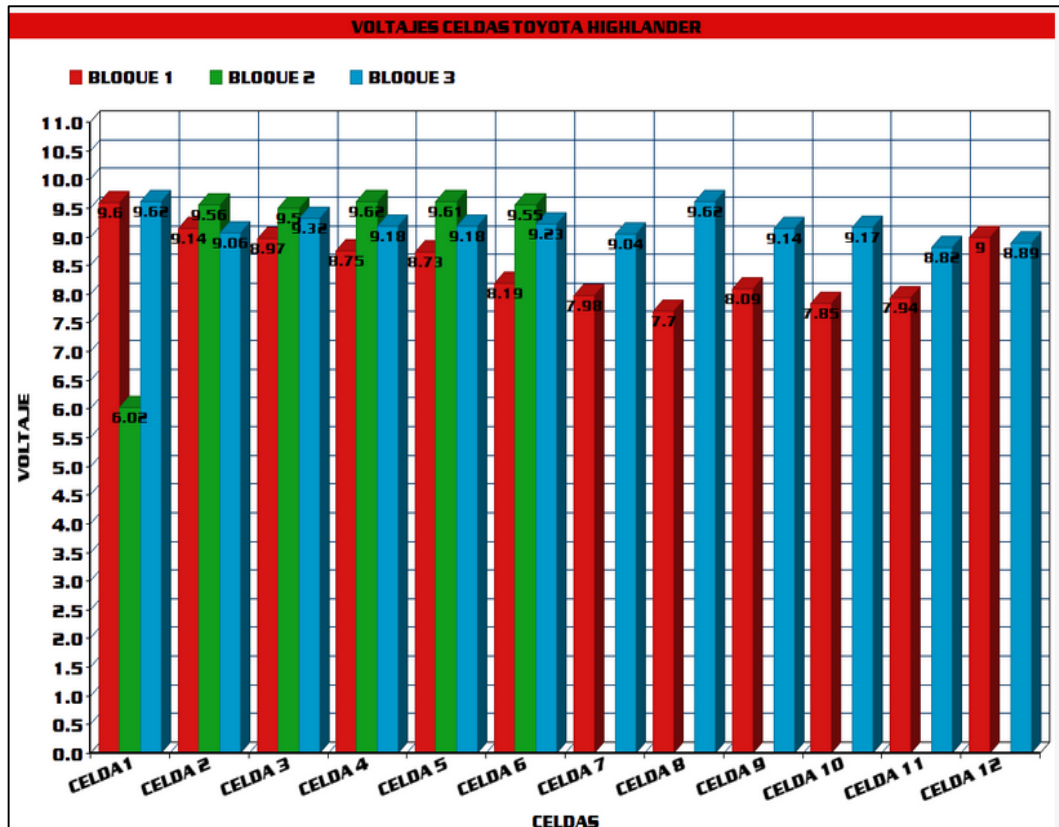


Figura 3.5 Voltaje ecualizado en la medición de celdas

Fuente: Diego López Guzmán

Se va a proceder a realizar la reutilización de los packs, para la investigación es necesario un bloque de 12 packs, realizando pruebas de descarga luego de 30 minutos con un consumo de 0,5 Amperios se obtiene las siguientes mediciones que se presentan en las tablas 3.3. y 3.4. considerándose que para la aplicación se encuentran en buen estado, posteriormente concluido el proceso de descarga se los someterá al proceso de carga para darle el uso final en el sistema Plug-in.

Tabla 3.3 Medición en descarga del bloque I

ELEMENTOS	DATOS Y
PACK 1	9.00 V
PACK 2	7.91 V
PACK 3	8.82 V
PACK 4	8.09 V
PACK 5	7.67 V
PACK 6	7.91 V
PACK 7	8.19 V
PACK 8	8.73 V
PACK 9	8.75 V
PACK 10	8.97 V
PACK 11	9.14 V
PACK 12	9.70 V

Fuente: Diego López Guzmán

Tabla 3.4 Medición en descarga del bloque II

ELEMENTOS	DATOS Y
PACK 1	9.00 V
PACK 2	7.91 V
PACK 3	8.82 V
PACK 4	8.09 V
PACK 5	7.67 V
PACK 6	7.91 V
PACK 7	8.19 V
PACK 8	8.73 V
PACK 9	8.75 V
PACK 10	8.97 V
PACK 11	9.14 V
PACK 12	9.70 V

Fuente: Diego López Guzmán

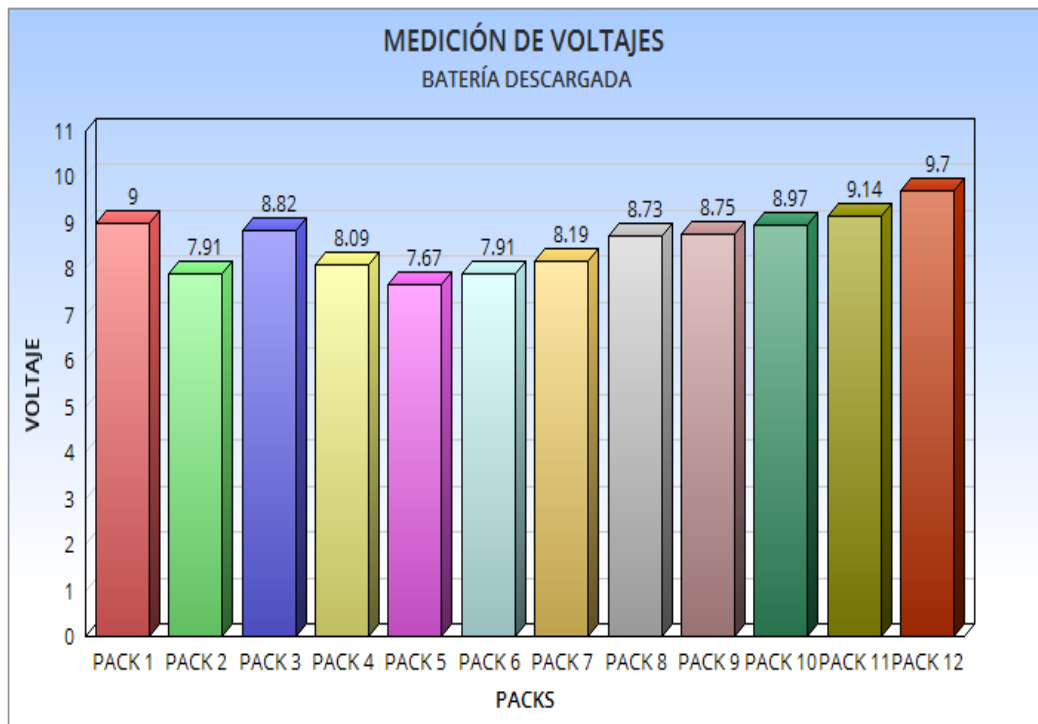


Figura 3.6 Ecuación en el proceso de descarga

Fuente: Diego López Guzmán

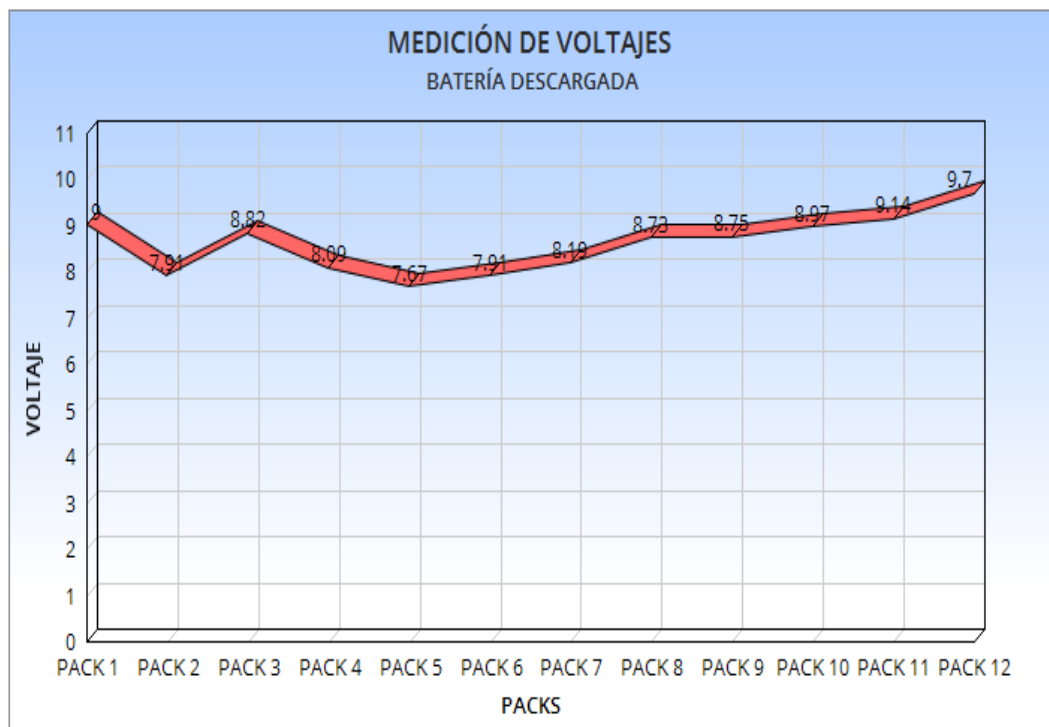


Figura 3.7. Comportamiento de los packs del bloque I – II en la descarga.

Fuente: Diego López Guzmán

Como los bloques de batería se encuentran en condiciones para la aplicación del Plug-in , se sometió el bloque I al proceso de carga en la figura 3.9 se observa la ecualización de los packs de la batería los que se encuentran sobre el valor nominal y sobrepasados con un 20% en tal razón servirán para la investigación propuesta.

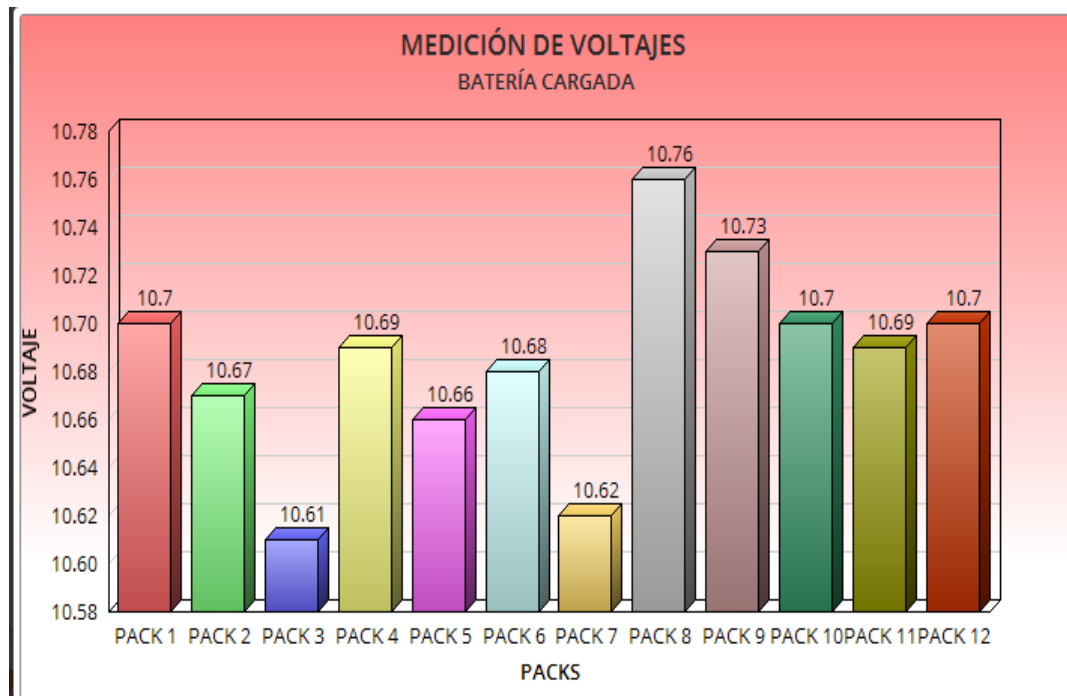


Figura 3.8 Ecualización de voltajes en los packs del bloque I de carga

Fuente: Diego López Guzmán

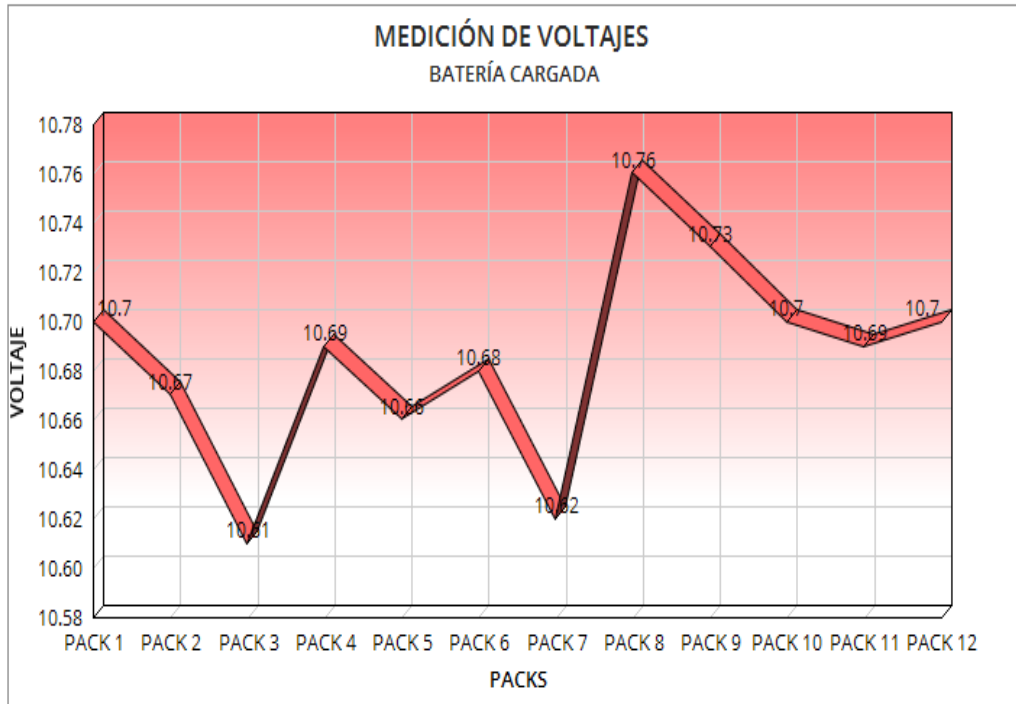


Figura 3.9 Voltajes ecualizados en los packs después de la carga

Fuente: Diego López Guzmán

Los voltajes que se muestran en las figuras 3.10 y 3.11 luego de un proceso de carga controlada de 2 horas



Figura 3.10 Curva de descarga de la batería HV bloque I

Fuente: Diego López Guzmán

En la siguiente imagen vamos a poder observar la caída de voltaje a realizar la descarga en la misma.

Tabla 3.5 Análisis de datos con batería cargada

ELEMENTO	DATOS Y
PACK 1	10.7 V
PACK 2	10.67 V
PACK 3	10.61 V
PACK 4	10.69 V
PACK 5	10.66 V
PACK 6	10.68 V
PACK 7	10.62 V
PACK 8	10.76 V
PACK 9	10.73 V
PACK 10	10.70 V
PACK 11	10.69 V
PACK 12	10.70 V

Fuente: Diego López Guzmán

El voltaje total de la batería de alta tensión cargada es de 128.21 v



Figura 3.11 Curva de carga de la batería en el osciloscopio

Fuente: Diego López Guzmán

En la figura 3.13. se visualiza la curva de voltaje al principio de someter a carga a la batería.

3.9. Investigación de la batería HV del vehículo Toyota PRIUS C.

La batería de elevado voltaje del vehículo Toyota Prius C está ubicada debajo del asiento posterior, dispone de un sistema de frenado regenerativo para recarga. Se activa si el vehículo está en movimiento, convierte la energía cinética en energía eléctrica para poner en funcionamiento el motor eléctrico.

El vehículo tema de esta investigación es un Toyota Prius C del año 2012 con 65000 km. Desde los 40000 km se está realizando el estudio tema de esta investigación.

La batería dispone de 20 celdas con 7,2 V nominal cada uno con el 20% de carga adicional lo que genera 144 Voltios como se menciona en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Característica de la batería HV Prius C

•	Tipo de batería = Níquel Metal.
•	Numero de mini celdas = 120.
•	Voltaje de cada mini celda = 1.2 voltios.
•	Numero de celdas = 20
•	Voltaje de cada celda = 7.2 voltios.
•	Voltaje nominal de la batería = 144 voltios.
•	Tipo de conexión entre packs = conexión en serie.
•	Potencia = 1 Kw
•	Capacidad = 6.5 A-h

Fuente: Manual Toyota.



Figura 3.12 Ubicación de la batería de alta tensión Prius C.

Fuente: Diego López Guzmán

Para las mediciones es necesario considerar los siguientes:

Apagar el vehículo presionando el botón ON/OFF, luego de cinco minutos quitar el jumper de la batería.



Figura 3.13 Desmontaje del Jumper de seguridad

Fuente: Diego López Guzmán

A continuación retirar las protecciones de la batería de elevado voltaje.



Figura 3.14 Protecciones de la batería

Fuente: Diego López Guzmán

Desprender los seguros de color naranja que se encuentran entre las protecciones.



Figura 3.15 Seguros de protección de la batería de alta tensión

Fuente: Diego López Guzmán

De esta manera se identifican las partes de la batería de alta tensión, el ventilador soplador, los sensores de temperatura la ECU de batería y relés de conmutación entre otros.



Figura 3.16 Componentes del sistema de alta tensión

Fuente: Diego López Guzmán

En estas condiciones se puede verificar cada uno de los packs para proceder a realizar las mediciones figura 3.19.



Figura 3.17 Celdas de la batería

Fuente: Diego López Guzmán

El proceso de medición generó los resultados que se presentan en la Tabla 3.7 que serán de utilidad para que el sistema Plug-in tenga el éxito deseado.

Tabla 3.7 Mediciones de los packs de la batería de elevado voltaje Prius C

Número de elemento	Voltaje (voltios)	Número de celda	Voltaje (voltios)
1	7.9 V	11	7.94 V
2	7.96 V	12	7.95 V
3	7.95 V	13	7.98 V
4	7.91 V	14	7.96 V
5	7.84 V	15	7.97 V
6	7.96 V	16	7.96 V
7	7.97 V	17	7.98 V
8	7.98 V	18	7.96 V
9	7.95 V	19	7.97 V
10	7.96 V	20	7.97 V

Fuente: Diego López Guzmán

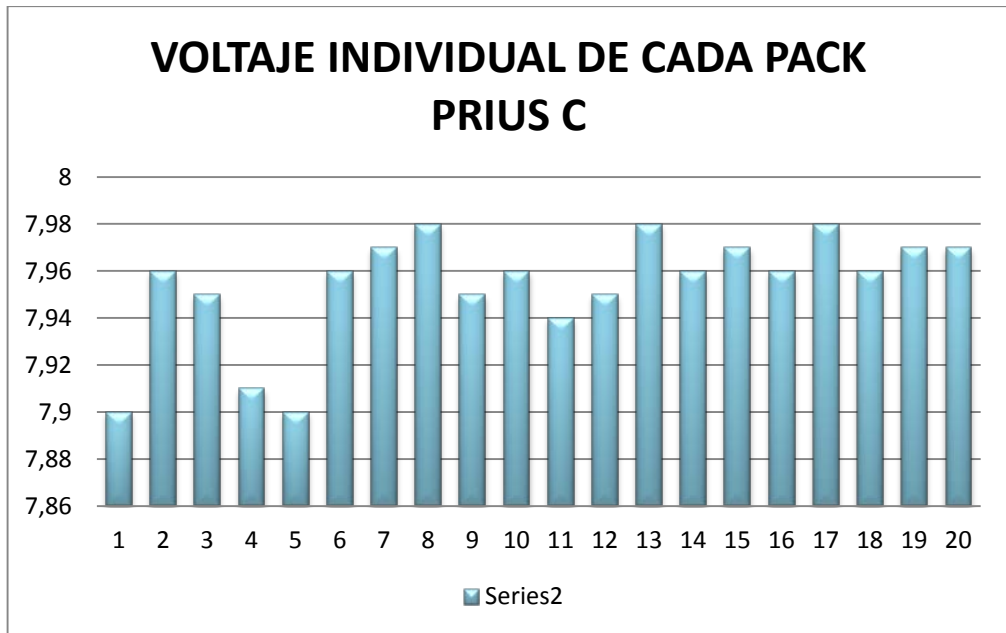


Figura 3.18 Medidas de ecualización de los packs de batería Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

Se verifica que cada pack dispone del voltaje nominal de 7,2 y no supera el 20% de tolerancia genera un voltaje nominal de 144 voltios y el voltaje real es de 159,08.

3.10. Verificación del voltaje de la batería de alta tensión mediante el uso del escáner automotriz.

El vehículo híbrido Toyota Prius C, consta con el conector OBDII que permite la conexión del escáner automotriz para realizar su diagnóstico, en este caso se verifica el voltaje de la batería de alta tensión.

Se conecta al puerto OBDII del vehículo, que se encuentra en la parte inferior izquierda en el habitáculo del conductor, por debajo del volante, hasta lograr la conexión en red.



Figura 3.19 Conector OBDII

Fuente: Diego López Guzmán

El escáner GSCAN tiene la particularidad de que monitorea los packs de dos en dos, entonces los datos de información presentan simetría, adicional se monitorea la resistencia interna de la batería por lo que es óptima como se presenta en la figura 3.21 y está en condiciones para ser utilizada en el modelo PLUG-IN

La información es ratificada con el uso del escáner GSCAN como se presenta en la tabla 3.8

Tabla 3.8 Voltajes de los bloques medidos con el escáner

Número de bloque	Voltaje (Voltios)	Resistencia interna (ohm)
1	15.75	0.019
2	15.78	0.019
3	15.27	0.019
4	15.75	0.019
5	15.78	0.019
6	15.75	0.019
7	15.78	0.019
8	15.75	0.019
9	15.78	0.019
10	15.75	0.019

Fuente: Diego López Guzmán

La ecualización de las celdas de batería se observan en la figura 3.22

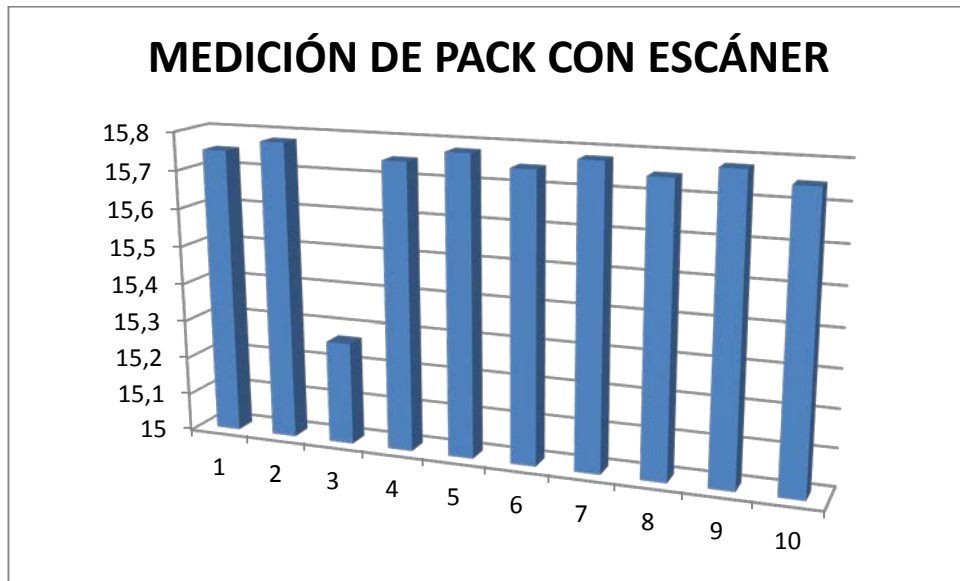


Figura 3.20 Ecualización de celdas de batería de la batería de elevado voltaje del PRIUS C

Fuente: Diego López Guzmán

En la figura 3.22 se observa que los pares de celdas se encuentran con el voltaje nominal y por ende la adaptación al vehículo plug in fue óptima.

3.11. Matematización del proceso de investigación.

Para considerar el proceso de implementación y análisis del sistema de alta tensión plug-in es necesario fundamentarlo matemáticamente para argumentar debidamente el proceso de investigación.

3.11.1. Matematización para selección de la fuente adicional de energía.

Existen fuentes de energía que han cumplido su ciclo de trabajo en vehículos híbridos tal es el caso de las baterías de elevado voltaje del modelo Highlander, pero que para la investigación es pertinente usarla.

La batería está formado por tres bloques, dos packs de 12 celdas cada uno y un pack de 6 celdas intermedias que forma un total de 30 celdas. Cada celda a su vez esta formada por 8 micro celdas de 1.2 voltios cada una.

En el caso de Highlander el voltaje de una celda es 9.6 voltios que genera un voltaje total nominal de 288 voltios, que si son aumentados en un 20 % su capacidad dividido en dos partes iguales que da un valor de 144 voltios, el mismo que es igual al voltaje de una bateria del Toyota Prius C.

Así el voltaje de batería de 30 celdas = 276V total nominal.

Se requiere de uno de 15 celdas = 138 V total nominal de cada Pack.

$$\text{Su capacidad} = 6.5 A - h$$

Para el número de pack que contiene la batería HV adicional se obtiene el valor así:

Formula 1

$$N_{\text{pack}} = N_{\text{celdas}} \div 2$$

$$N_{\text{pack}} = 30 \text{ celdas} \div 2$$

$$N_{\text{pack Total}} = 15 \text{ celdas por pack} = 2 \text{ packs de 15 celdas cada uno}$$

Donde.

N pack= Número de packs.

N celdas= Número de celdas.

Para calcular el voltaje nominal de la batería HV adicional cuando se conoce el voltaje de cada pack y el número de packs se realiza lo siguiente:

Formula 2

$$V_{\text{nominal x pack}} = V_{\text{celdas}} \times N_{\text{celdas}}$$

$$V_{\text{nominal x pack}} = 9.2 \times 15$$

$$V_{\text{nominal x pack}} = 138 V$$

Vnominal= Voltaje Nominal.

Vcelda= Voltaje de cada celda.

Npack= Número de packs.

Para el cálculo del voltaje nominal total que tiene una batería HV del Toyota Highlander cuando se conoce el número, voltaje y el número de las celdas se calcula como sigue.

Formula 3

$$V_{nominal\ total} = N_c \times V_c$$

$$V_{nominal\ total} = 30 \times 9.6$$

$$V_{nominal\ total} = 288V$$

Dónde:

- Vnominal Total= Voltaje nominal total
- Nc= Número de celdas.
- Vc= Voltaje de la celda.

El valor dependerá si la batería se encuentra dividida por bloques o es un solo componente como es el caso del Toyota Highlander, a este valor se le adiciona el 20% para tener el valor máximo de voltaje.

Formula 4

$$V_{m\acute{a}x} = V_{nominal} + (V_{nominal} \times 20\%)$$

$$V_{max} = 288 + (288 \times 20\%)$$

$$V_{max} = 345.6$$

Donde.

Vmáx= Voltaje máximo.

Vnominal= Voltaje nominal.

3.11.2. Cálculo de capacidad de potencia de la Batería de Prius C

La potencia de la batería de elevado voltaje en un vehículo Toyota PRIUS C se establece de la siguiente manera.

- Voltaje nominal de cada celda = 7.2V
- Capacidad de la batería =6.5 A-h

Formula 5

$$P = Vx(cap)$$

P = Potencia

V = Voltaje nominal por celda.

Cap = Capacidad de la batería

$$P = 7.2Vx6.5 A - h$$

$$P = 46.8W$$

$$P= 0.046 Kw \times celda.$$

Formula 6

Potencia Total =Potencia individual x N celdas

$$Potencia total = 144Vx6.5A - h = 936W$$

$$Potencia total = 0.93kw$$

3.11.3. Cálculo de potencia de la batería adicional de alta tensión.

La batería adicional, que es la del modelo Highlander tiene 8 mini celdas con un voltaje de 1.2 Voltios, lo que genera un voltaje nominal por celda de 9,6 voltios y una capacidad de 6,5 amperios hora.

De la Formula 5 se obtiene:

$$\text{Potencia por celda} = \text{Voltaje} \times (\text{capacidad})$$

$$\text{Potencia por celda} = 9,6V \times 6.5 A - h$$

$$\text{Potencia por celda} = 62,4 W$$

$$\text{Potencia total} = 288V \times 6.5 A - h = 936W$$

$$\text{Potencia total} = 1,87kW$$

3.11.4. Consumo de energía eléctrica en el domicilio

Se desarrolló el análisis de consumo de energía eléctrica en el domicilio considerando 10 centavos el kW hora de lo que se obtiene:

Toma de corriente alterna 110 v CA, considerando una hora.

Corriente de carga 0.8 A

$$P = I \times V$$

$$P = 0.8 A \times 110 V$$

$$P = 88 W$$

$$P = 0.088 Kw$$

Cada batería adicional

$$\text{Capacidad} = 6.5 A$$

$$\text{Voltaje Nominal} = 9.6V \times 15 \text{ celdas}$$

$$\text{Voltaje Nominal} = 144 V$$

$$P = 144V \times 6.5 A$$

$$P = 936 w$$

$$P = 0.936 kw$$

Como son dos Packs

$$P \text{ Total de la adicional} = 0.936 Kw \times 2$$

$$P \text{ Total de la adicional} = 1.87 Kw$$

Considerando que la carga mínima de la batería adicional es del 40%, tendríamos que debemos cargar solo el 60%

De donde :

1.87 Kw-h x 40%

Tendríamos que recargar 0.748 Kw

El valor del Kw hora en nuestro país lo podemos redondear en \$0,10 con todos los impuestos, de donde tendríamos que para cargar 0.748 Kw necesitaríamos 8.5 horas aplicadas a los 0.08 Kw, quiere decir que cada recarga tendría un costo de \$0.85.

Si la batería se necesita cargar una vez por día el valor a cancelar al mes es

$$\text{Precio} = 0.85 \text{ dolares} \times 7 \text{ dias}$$

$$\text{Precio} = 5.95 \text{ dolares semanales}$$

$$\text{Precio al mes} = \$23.8 \text{ dólares al mes}$$

3.11.5. Consideración del estado de Carga SOC (State of charge)

El estado de carga (State of charge: SOC) define la capacidad disponible de la batería, está dado en porcentaje de una referencia de carga completa, el cual debe ser actualizado periódicamente. Otras unidades pueden ser Culombios (C), Amperios-hora (A-h) o kilovatios-hora (kW-h).

La estimación del estado de carga es esencial para alcanzar el comportamiento óptimo del sistema plug-in para maximizar la utilización del motor eléctrico con respecto al de combustión.

Uno de los factores que afectan a la estimación del SOC de la batería es el envejecimiento, esto se debe a los ciclos de carga y descarga, a la temperatura que generan las celdas y a una mala refrigeración de las mismas.

3.11.6. Cálculo de carga de las celdas

En la tabla 3.9 se observa como las celdas se cargan en un período estimado y puede verse como el SOC aumenta progresivamente con el tiempo de carga considerado en horas.

Tabla 3.9 Carga de celdas

Vnominal	7.2													
Carga	2 amperios													
Tiempo (horas)	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	
Voltaje (V)	6	7,2	7,32	7,51	7,65	7,72	7,84	7,96	8,12	8,23	8,31	8,43	8,52	
A-h	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	
SOC %	3	7,69	15,38	23,38	30,77	38,46	46,15	53,85	61,54	69,23	76,92	84,62	92,31	

Fuente: Diego López Guzmán

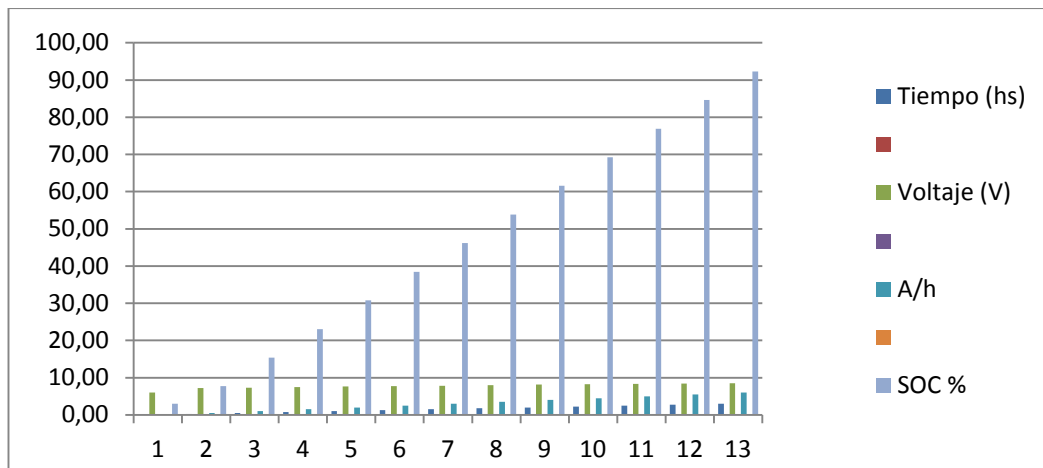


Figura 3.21 Curvas de voltaje A-h y SOC

Fuente: Diego López Guzmán

En la figura 3.23 se observa una curva ascendente constante pronunciada que es la regularidad del tiempo, y como el SOC en porcentaje aumenta presentando la recuperación y estado de carga de la batería, lo que refleja la calidad de capacidad de carga de la batería lo que al final de este proceso presenta que está lista para su uso en el vehículo plug-in.

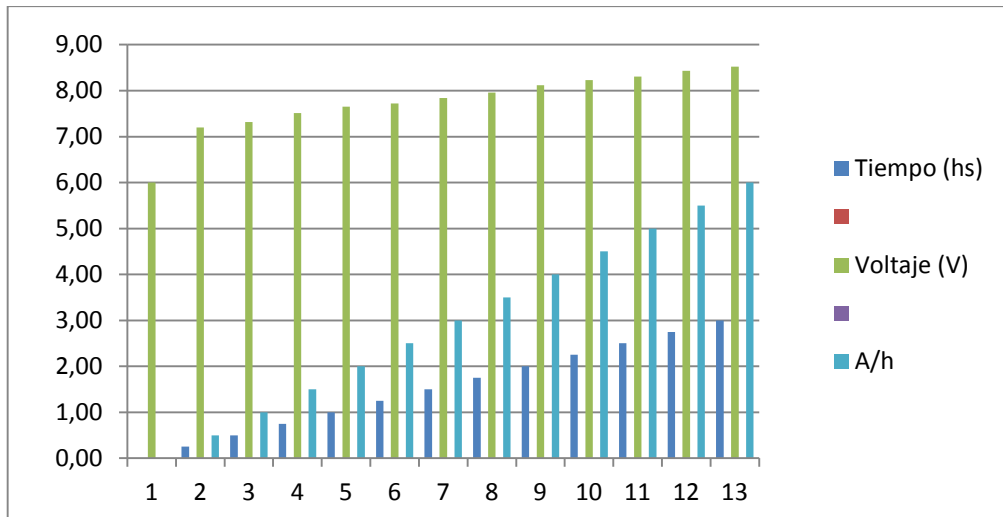


Figura 3.22 Curvas de voltaje, A-h y SOC

Fuente: Diego López Guzmán

En la figura 3.24, se presenta para un análisis de carga de 3 horas con el amperaje recuperado para su utilización sin inconvenientes para el proceso de investigación realizado.

3.12. Conclusiones del Capítulo.

En este capítulo se analizó e investigó las características ciertas que tienen las baterías de elevado voltaje, justificando y argumentando su utilización en el sistema plug-in a través de una serie de mediciones y cálculos que serán el sustento de este proceso investigativo que tiende a incentivar el uso de energías alternativas en este caso de la eléctrica en vehículos automotrices.

Se determinó que el valor de cada recarga es de \$0.85 dólares diarios considerando que el Kw en nuestro país cuesta diez centavos de dólar incluyendo todos los impuestos.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Título de la propuesta

“Implementación del sistema de control de energía plug-in para elevar la autonomía de desplazamiento del vehículo Toyota Prius C durante el año 2016”

4.2. Justificación de la propuesta

En el ámbito energético el Ecuador tiene una dependencia marcada en los combustibles fósiles, por lo que es necesario que a través de políticas de estado se fomenten proyectos con el uso de energías alternativas en vehículos automotrices que tiendan a reducir la contaminación y lograr una eficiencia energética sostenible.

La realidad socioeconómica generada por la producción de petróleo, tanto en lo relacionado con los precios que de él se derivan, como en el hecho de ser un recurso no renovable que tiende a agotarse y que en la actualidad ha hecho que el Ecuador tenga problemas que están afectando su economía invita a pensar en el uso de energías alternativas como la eléctrica que se encuentra fortalecida por la implementación de varias hidroeléctricas que han hecho pasar al Ecuador de ser un país comprador a ser un posible vendedor de este tipo de recurso..

El desarrollo de investigaciones serias en el ámbito de gestión energética vehicular ofrece perspectivas interesantes en un mundo globalizado y en el proceso de integración productiva y energética, considerándose de particular interés el uso de energías alternativas, ya que el Ecuador posee un gran potencial energético como es a través del uso de las hidroeléctricas.

A través del plan nacional del buen vivir y la implementación de la matriz productiva se tiende a dar prioridad al uso de este tipo de energías aplicadas a los automotores.

El uso de la energía eléctrica en el ámbito industrial y doméstico en el Ecuador está en constante aumento en las recientes décadas. En particular su uso en vehículos ha crecido tanto por el aumento del parque automotor como por las políticas de incentivo por parte del gobierno a estas tecnologías.

La propuesta de investigación contribuye a reducir el consumo de combustible fósil como es la gasolina e impulsa a usar nuevas tecnologías en el sector automotriz, logrando así difundir el uso de vehículos híbridos, eléctricos y plug-in. Para tener una referencia de acuerdo al INEN 400 mil autos privados circulan en la Ciudad de Quito, cada uno de ellos consume un promedio de 25 Km por galón, y cada galón de combustible emana al ambiente 9.2 Kg de CO₂, todo esto se evitaría utilizando vehículos eléctricos o se reduciría de forma significativa con los autos híbridos.

Esto sin duda reduce la contaminación ambiental por la eliminación del dióxido de carbono en los escapes de los automotores y se incentiva el uso de energía renovable como la electricidad acumulada en baterías de alta tecnología.

El CO₂ o dióxido de carbono es uno de los gases que se producen al quemar combustible, y uno de los principales gases de efecto invernadero. La emisión de este gas por un vehículo tiene relación con el consumo de combustible: los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina quemado

Un vehículo en marcha emitirá una cantidad de CO₂ proporcional por cada kilómetro que recorra quemando combustible. Normalmente se mide en gramos por kilómetro.

Para obtener la cifra de emisión de CO₂ en gramos/km. bastará con multiplicar el consumo en kilómetros por 23,7 (cuando sea gasolina).

En el caso del Toyota Prius C tiene un consumo en ciudad de 70 Km/galón, o lo que es lo mismo 18Km/litro. Esto equivale a unas emisiones de CO₂ de 127 g CO₂/Km .

El tema de esta investigación consiguió elevar la autonomía de desplazamiento de un vehículo Toyota Prius C, lo que de acuerdo a la experiencia en este tipo de autos es completamente posible.

Es de vital importancia difundir este tipo de tecnología para optimizar la propulsión de vehículos en el Ecuador.

4.3. Objetivos de la propuesta

Implementar el sistema de control de energía plug-in para elevar la autonomía de desplazamiento del vehículo Toyota Prius C durante el año 2016.

Desarrollar el análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C para generar un sistema de control de energía.

Reducir el consumo de combustibles fósiles en el parque automotriz del Ecuador.

Generar una fuente de consulta e investigación para profesionales en el ámbito técnico, tecnológico y de gestión de energías.

4.4. Estructura de la propuesta

La propuesta está fundamentada en la metodología previamente desarrollada en la investigación de tal forma que se estructura un análisis de

las condiciones de operación de los vehículos automotores tradicionales, seguidos de los vehículos híbridos hasta llegar al diseño, selección construcción e implementación de un sistema plug-in sin la necesidad de que se realice cambios a la estructura y conformación del vehículo en este caso el Toyota Prius C para mejorar su autonomía de desplazamiento disminuyendo los gases contaminantes emanados al medio ambiente.

4.5. Desarrollo de la propuesta

La propuesta es argumentada, sustentada a través del uso y búsqueda los diferentes recursos como son: Humanos, físicos, tecnológicos y materiales que se requieren en la investigación hasta la posible estimación de costos por la implementación de un sistema plug-in que se basa en el uso de una batería adicional sin que las condiciones de ergonomía se vean afectadas.

4.5.1. Recurso Humano

El recurso humano que participó en la investigación es el que se presenta en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Recursos humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Diego López Guzmán	1	Investigador
2	Germán Erazo Laverde	1	Investigador Asesor
3	Fernando Augeri	1	Investigador de Apoyo

4.5.2. Recursos Materiales.

Los recursos materiales utilizados en la investigación se enfocan a materiales de tipo mecánico, eléctrico y electrónico usados en la propuesta de investigación.

Tabla 4.2 Recursos materiales

Orden	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo Total
1	Herramientas manuales	1	Unidad	\$120	\$120
2	MDF de 15 mm de 2x2m	1	Metros	\$45	\$45
3	Bisagras corredizas	2	Unidad	\$15	\$30
4	Amortiguadores	2	Unidad	\$25	\$50
5	Cubierta 2x 2 m	1	Unidad	\$20	\$20
6	Taladro eléctrico	1	Horas	\$15	\$15
7	Cortador de madera	1	Horas	\$10	\$10
8	Fluxómetro	1	Unidad	\$5	\$5
9	Seguro de fijación	5	Unidad	\$2	\$10
10	Packs adicional de 12 celdas de 9.6 voltios	1	Unidad	\$400	\$400
11	MOSFET NTE 2995 / NTE 2945	5	Unidad	\$4	\$20
12	Circuito UC3842 A	5	Unidad	\$4	\$20
13	Regulador 7818	2	Unidad	\$2	\$4
14	Resistores	10	Unidad	\$0.50	\$5
15	Transformador 110 V 12 V 2 Amp.	1	Unidad	\$10	\$10
16	Diodos - 1N4007	10	Unidad	\$0,20	\$2
17	Porta fusibles	1	Unidad	\$5	\$5
18	Leds rojo	10	Unidad	\$1	\$10
19	Material electrónico en general	1	Global	\$100	\$100
				TOTAL	\$891

4.5.3. Recursos Tecnológicos

Para el desarrollo de la investigación fue necesario considerar los siguientes costos por utilización y alquiler de equipo tecnológico.

Tabla 4.3 Recursos tecnológicos

Orden	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo Total
1	Multímetro automotriz	1	Unidad	\$20	\$20
2	Scanner Automotriz	1	Horas	\$40	\$400
3	Osciloscopio automotriz	8	Horas	\$30	\$240
4	Software Ondemand5.	2	Horas	\$15	\$30
5	Software Techstream.	4	Horas	\$30	\$120
6	Software Bright spark.	2	Horas	\$10	\$20
				Total	\$ 850

El costo estimado para esta investigación es de \$ 1741, sin considerar inicialmente el recurso humano.

4.6. Implementación de la propuesta

La batería de elevado voltaje del vehículo Toyota Prius C está compuesta por 20 celdas las cuales están en serie y divididas por un jumper de seguridad, se observa en la figura 4.1. la presencia de tres relés que conmutan la corriente de activación y protegen a los componentes del sistema.

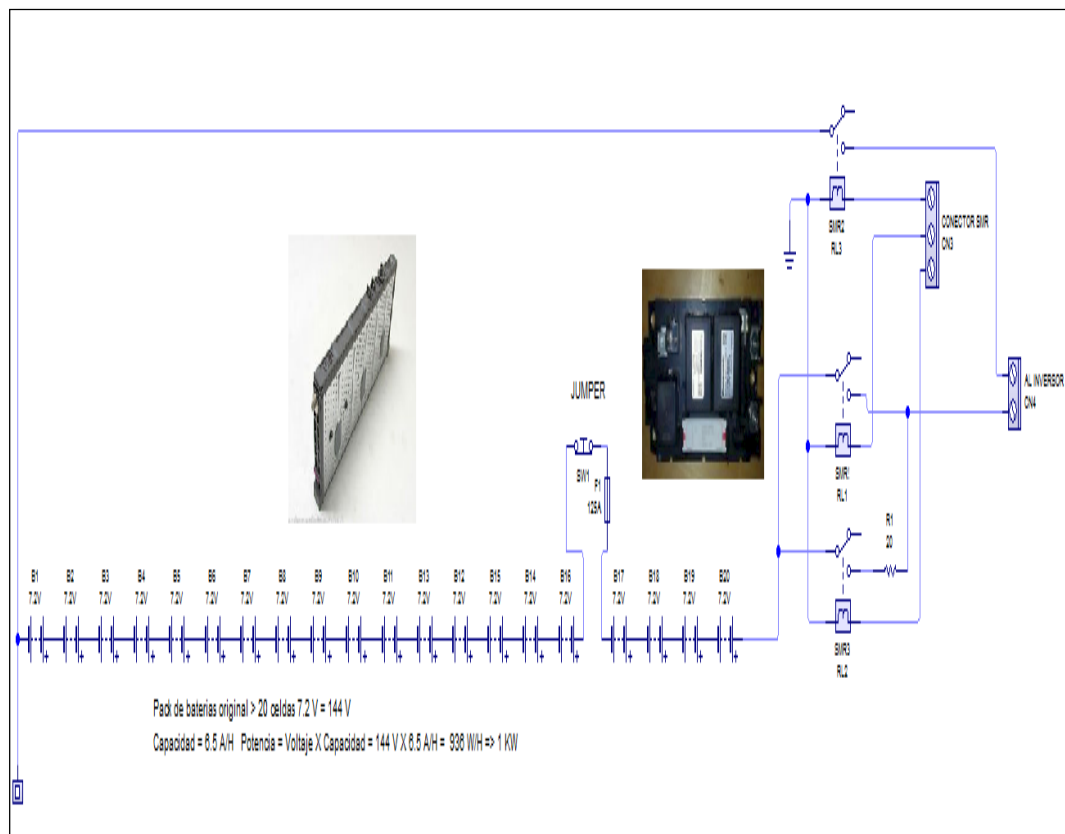


Figura 4.1 Esquema de conexión de elevador de voltaje Toyota Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

La batería adicional que se acopló tiene 15 celdas, como se observa en la figura 4.2 en la que se detalla el diagrama eléctrico para la aplicación.

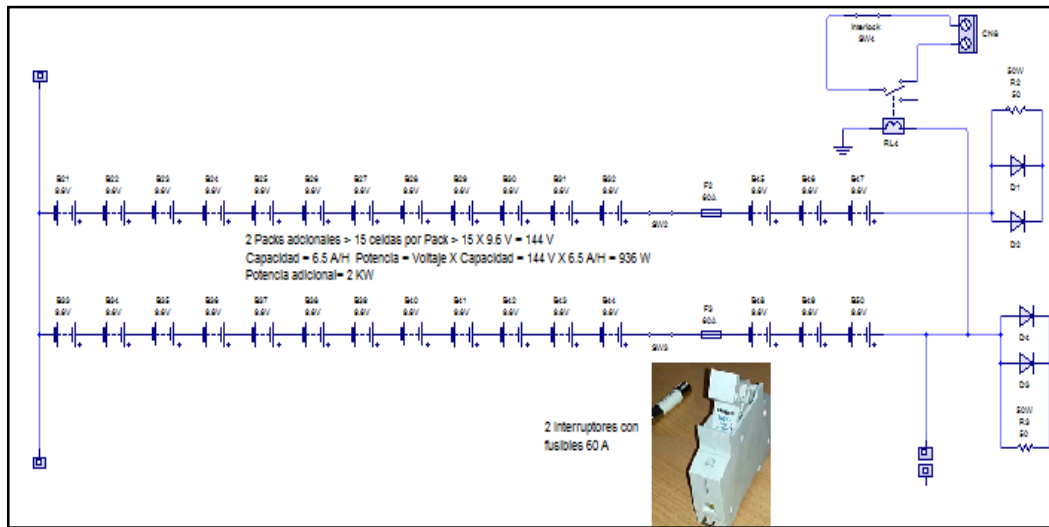


Figura 4.2 Implementación de la batería adicional

Fuente: Diego López Guzmán

La propuesta implementa un cargador de baterías que proporciona la energía de recuperación de la batería de elevado voltaje adicional al vehículo, como se puede observar en la figura 4.3. consta de un sistema rectificador y filtrado de condensadores que generan la corriente necesaria y un sistema de refrigeración a través de un ventilador para evitar el sobrecalentamiento

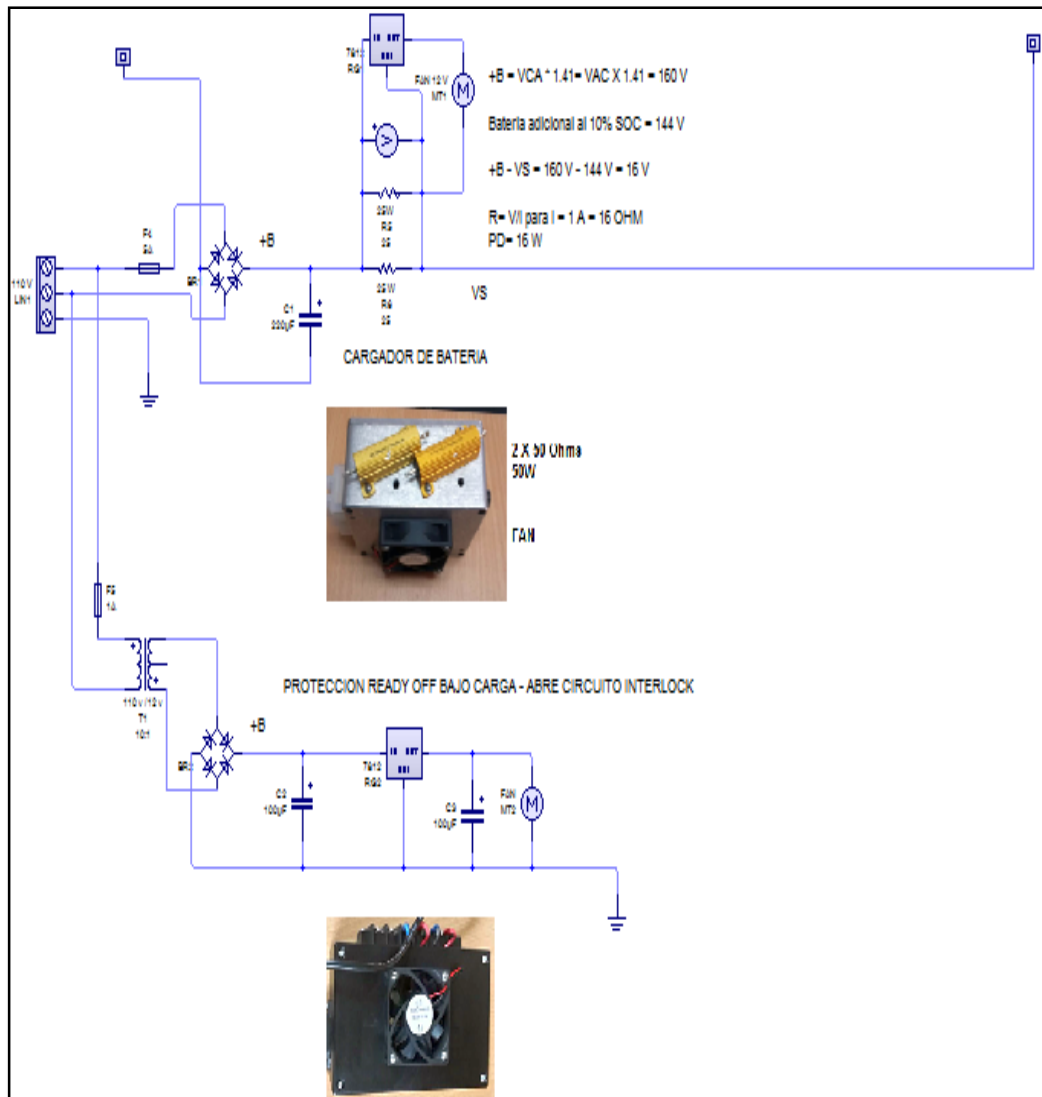


Figura 4.3 Módulo cargador de baterías

Fuente: Diego López Guzmán

El conjunto de relés figura 4.4. controla el paso de la corriente y voltaje hacia los conectores que se acoplan con el inversor.

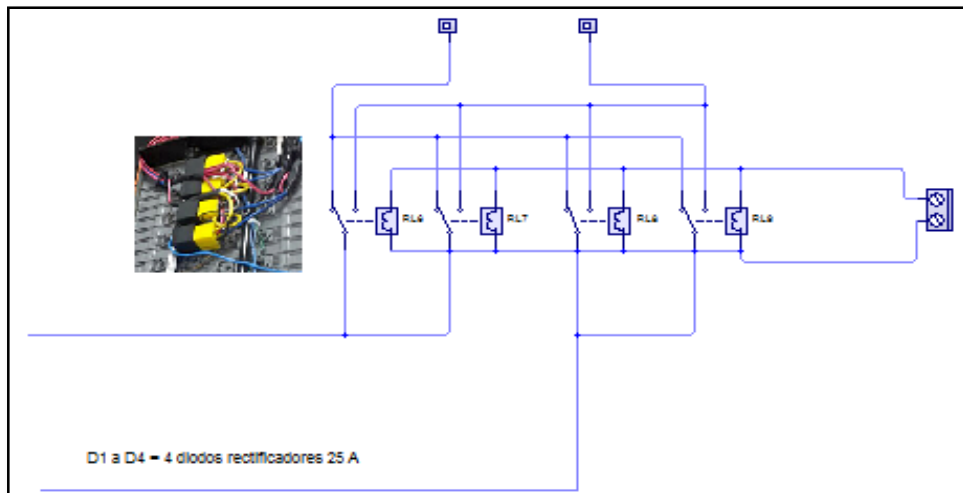


Figura 4.4 Conjunto de relés

Fuente: Diego López Guzmán

El sistema amplificador operacional figura 4.5. compara la señal de voltaje de referencia. Si la señal del sensor de posición del pedal del acelerador APP es menor que voltaje de referencia el relé se conecta, caso contrario se desconecta para enviar todo el voltaje antes o después del sensor de corriente.

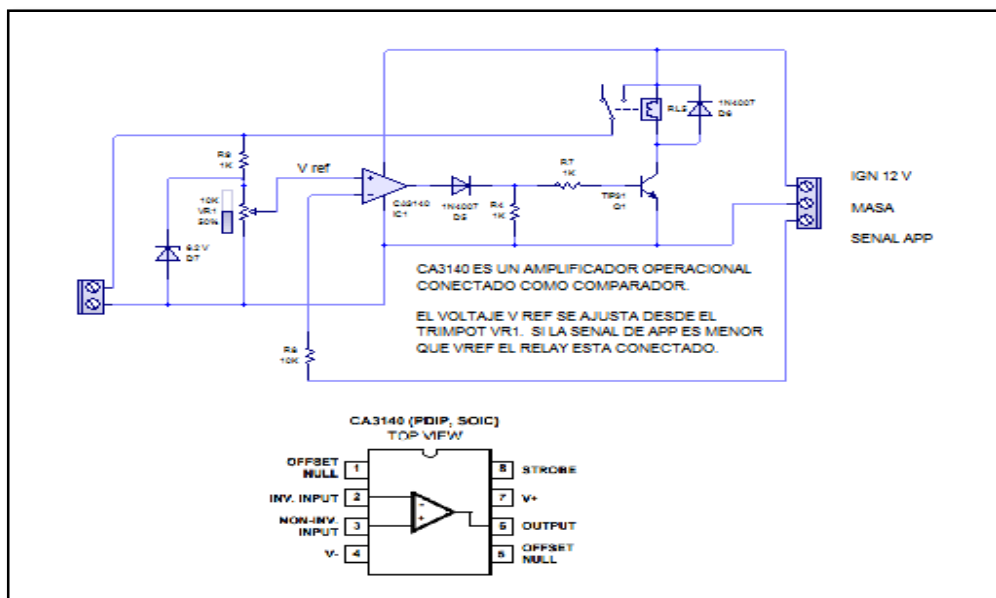


Figura 4.5 Conjunto amplificador operacional

Fuente: Diego López Guzmán

4.7. Experimentación de la propuesta

Se desarrolló las pruebas experimentales, para argumentar la factibilidad de la propuesta, iniciando con la verificación de una celda del paquete de baterías del Toyota Prius figura 4.6 obteniendo como resultado:

Voltaje Nominal = 7.2 V

Capacidad = 6.5 A-h

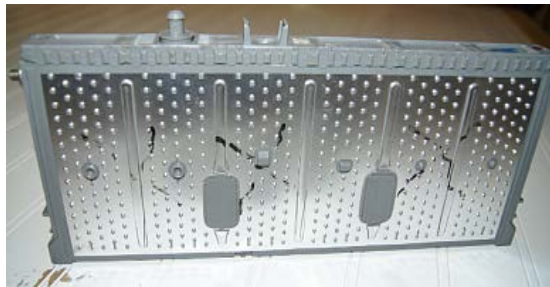


Figura 4.6 Celda Toyota Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

Se sometió al proceso de descarga y carga a varias celdas utilizando la fuente regulada figura 4.7. con una corriente constante de 2 amperios y se registra en la tabla 4.2.

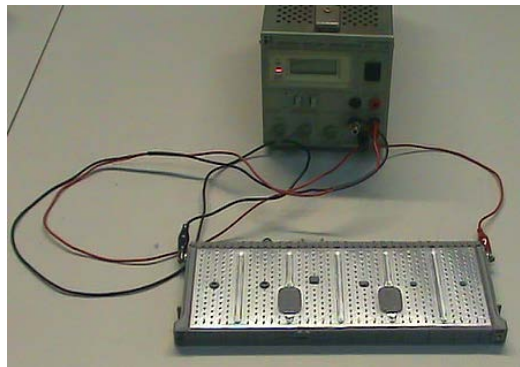


Figura 4.7 Carga con corriente constante

Fuente: Diego López Guzmán

Tabla 4.4 Valores de carga constante a dos amperios

Vnomina	7.2												
I													
Carga	2 amperios												
Tiempo (horas)	0	0,2	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3
Voltaje (V)	6	7,2	7,32	7,51	7,65	7,72	7,84	7,96	8,12	8,23	8,31	8,43	8,52
A-h	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
SOC %	3	7,6	15,3	23,3	30,7	38,4	46,1	53,8	61,5	69,2	76,9	84,6	92,3
		9	8	8	7	6	5	5	4	3	2	2	1

El estado de carga SOC porcentual está calculado considerando la capacidad de carga total en base al 100% de eficiencia de lo que se obtiene:

- A-h de carga total = 100% SOC
- Resulta entonces $SOC\% = \text{Carga A-h} \times 100 / 6.5 \text{ A-h}$

Con esta consideración se desarrolla el diseño del cargador del sistema considerando que se debe tener un voltaje máximo para carga lenta al 20% superior al voltaje nominal.

Paquete de baterías Prius C nominal = 20 celdas * 7.2 V = 144 Voltios

Voltaje máximo = 144 X 1.2 = 172 Voltios

Entonces para la implementación se considera lo siguiente:

- Batería adicional = 2 paquetes de 15 celdas de Voltaje nominal de 9.6 Voltios.
- Voltaje Nominal = 9.6 X 15 = 144 voltios igual al paquete original.
- Voltaje máximo al 20% = 144 X 1.2 = 172 V

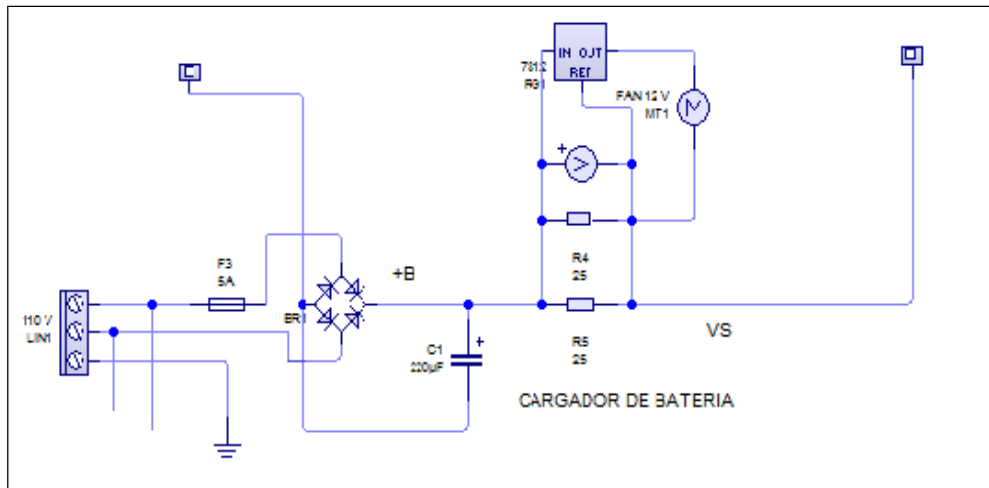


Figura 4.8 Cargador de batería de alta tensión

Fuente: Diego López Guzmán

4.7.1. Rectificador en puente de onda completa:

El rectificador de onda completa convierte la señal de corriente alterna de entrada (VAC) en corriente continua de salida (VS). A diferencia del rectificador de media onda, en este caso, la parte negativa de la señal se convierte en positiva o bien la parte positiva de la señal se convierte en negativa, según se necesite una señal positiva o negativa de corriente continua.

4.7.2. Rectificador de onda completa en puente con filtro por condensador:

El filtro capacitivo reduce el ruido eléctrico residual de la rectificación. Como precaución de seguridad como el voltaje de alimentación VAC es tomado de la red eléctrica doméstica en forma directa, el paquete de baterías bajo carga se encuentra con vehículo apagado totalmente aislado y desconectado del sistema eléctrico del vehículo dado que los relés del sistema SMR (System Main Relay) están desconectados.

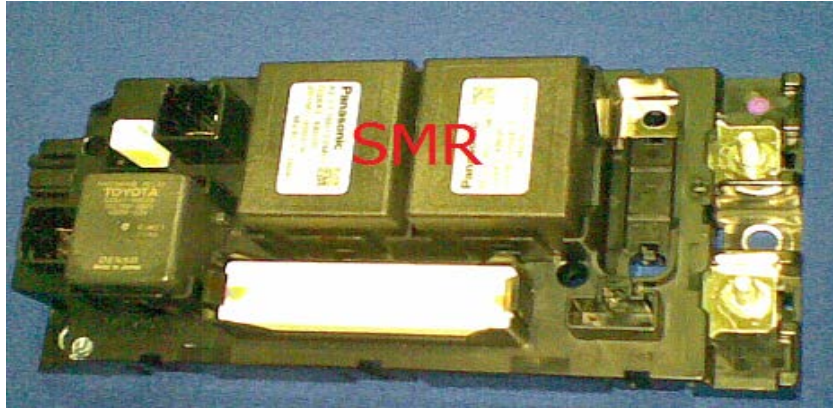


Figura 4.9 Relés del circuito de batería de elevado voltaje Toyota Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

Con el vehículo detenido y bajo carga no hay riesgo eléctrico de que la red pública quede vinculada al vehículo. En el vehículo híbrido el sistema de elevado voltaje se encuentra totalmente aislado del sistema de 12 voltios, esto también nos brinda mayor seguridad, la carrocería del vehículo es conectada a tierra durante el proceso de carga.

El voltaje de la red eléctrica domiciliaria tiene variaciones de voltaje de acuerdo al consumo de la población. En diferentes mediciones efectuadas se pueden observar valores entre 110 y 120 voltios CA.

Para la aplicación se va a trabajar con 115 voltios de la red eléctrica.

Para el rectificado de la tensión el puente con filtro, siendo el circuito alimentado por la red eléctrica tiene una impedancia muy baja, el voltaje de salida VS se puede estimar en:

$$\text{Voltaje máximo} = V_{RMS} \times 1.4 = 115 \text{ V} \times 1.4 = 161 \text{ V}$$

En caso de que VAC estuviera en 105 V

$$V \text{ salida estimado} = 105 \text{ V} \times 1.4 = 148 \text{ V}$$

Como se observar no se sobrepasa el máximo voltaje de 172 Voltios calculado como máxima en la batería de elevado voltaje.

El paquete de baterías total tendrá diferentes valores de voltaje de acuerdo al estado de carga que se encuentre y se regula la corriente sobre el mismo y no pasar un máximo de 2 amperios para realizar un proceso de carga lenta que asegure obtener un estado de salud al 100% de la batería de elevado voltaje.

Para este propósito se colocan dos resistencias en paralelo para cargar la batería adicional. Las resistencias son de 50 ohm cada una que en paralelo dan una resistencia equivalente de 25 ohm.

En la tabla 4.5. los valores de VS bajo carga y para un VAC de 115 V

Tabla 4.5 Valores de Voltaje de salida bajo carga a 115 Vac

	30	60	90	120	150	180	210
VAC (V)	115.00	115.00	115.00	115.00	115.00	115.00	115.00
V máx= VAC X1.4	161.00	161.00	161.00	161.00	161.00	161.00	161.00
Vs Batería (V)	130.00	135.00	140.00	145.00	150.00	155.00	160.00
Resistencia (ohm)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
V Resistencias = Vmáx-VS	31.00	26.00	21.00	16.00	11.00	6.00	1.00
Intensidad (A) I = Vmax-Vs/ 25	1.24	1.04	0.84	0.64	0.44	0.24	0.04

Para cuando se disponga de 105 Voltios alternos la tabla que se genera es:

Tabla 4.6 Valores de voltaje de salida bajo carga a 105 vac

	30	60	90	120
VAC (V)	105.00	105.00	105.00	105.00
V máx = VAC X1.4	147.00	147.00	147.00	147.00
Vs batería (V)	130.00	135.00	140.00	145.00
Resistencia (ohm)	25.00	25.00	25.00	25.00
V Resistencias = V máx-VS	17.00	12.00	7.00	2.00
Intensidad (A) I = V S- V(+B)/ 25	0.68	0.48	0.28	0.08

El regulador de voltaje LM7812 está colocado para alimentar un ventilador y enfriar las resistencias, aprovechando la caída de voltaje en las resistencias de tal forma que si la diferencia de potencial supera los 12 voltios el ventilador no se averíe. Si la caída de voltaje disminuye porque la corriente baja el ventilador se irá deteniendo coincidiendo con la menor temperatura en las resistencias.

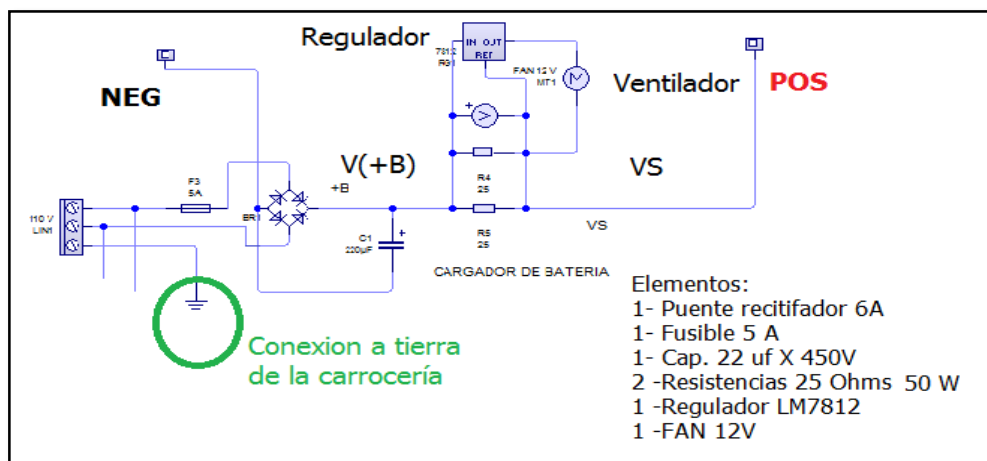


Figura 4.10 Circuito de carga a la batería Toyota Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

Las dos resistencias de 50 ohm considerando que trabajan 115V generan una potencia de 37 Watios.

$$P = V \times I = 31 \text{ (max caída de V tabla 4.5)} \times 1.24 \text{ (corriente máxima)} = 37 \text{ W}$$

Las resistencias son dos de 50W cada una, su resultando es = 100W






Figura 4.11 Resistencias para el circuito de enfriamiento

Fuente: Diego López Guzmán

El voltímetro está conectado en paralelo a las resistencias adaptando la escala en voltios a una medición en amperios considerando la caída de voltaje en las resistencias con los ajustes realizados el circuito a implementarse se presenta en la figura 4.12.

Para la instalación de la propuesta en el sistema Plug-in se requiere realizar ajustes en la disposición de elementos a implementarse así como también en la instalación eléctrica en general, en la tabla 4.7 se detalla el procedimiento de preparación del habitáculo para el sistema Plug-in diseñado.

Tabla 4.7. Ajustes de elementos y componentes del sistema Plug-in

Orden	Detalle pictórico	Descripción
1		Se ubica el lugar a instalar el soporte de batería para la aplicación será sobre la llanta de emergencia
2		Instalación de base o soporte de la batería sin afectar o dañar el porta equipaje del auto
3		Construcción de cubierta de batería para mantener los elementos en un lugar seguro sin que afecten a la seguridad de los ocupantes.

4



Instalación de tapa la cual cumple con los estándares para soportar un peso similar a la cubierta original del auto

5



Instalación de bisagras corredizas para mejorar la ergonomía del diseño con su entorno ya que este se encuentra sobre la llanta de emergencia y

6



Para acceder a los componentes se usa bisagras.

7






Instalación de amortiguadores de aire para disminuir el esfuerzo de las personas que manipulen la batería de alto voltaje o quieran acceder a la llanta de emergencia

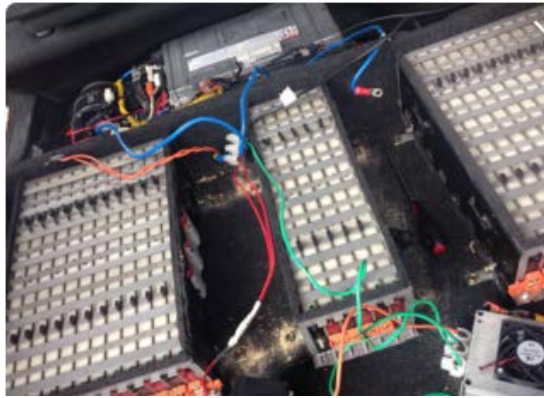
8		<p>Instalación del multímetro y amperímetro para medir los valores de la batería de elevado voltaje sin la necesidad de abrir la cubierta.</p>
9		<p>Instalación de batería sin afectar los componentes electrónicos</p>
10		<p>Verificación de instalación acoples</p>
11		<p>Forrado de base acorde con el diseño del auto para mejorar su aspecto estético</p>
12		<p>Acabado final</p>

El montaje eléctrico – electrónico requiere especial atención y se lo detalla en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Implementación eléctrica electrónica de la propuesta del vehículo Plug-in

Orden	Detalle pictorico	Descripción
1		<p>Instalacion de los packs de baterias con el módulo regulador de energia para carga de los packs adicionales de baterias</p> <p>Implementación del protector para el regulador y componentes de estabilización.</p>
2		<p>Instalación de los packs de bateria en serie para ajustar el voltaje de operación de la propuesta.</p>
3		<p>Fijación de los paquetes de baterías</p>

4



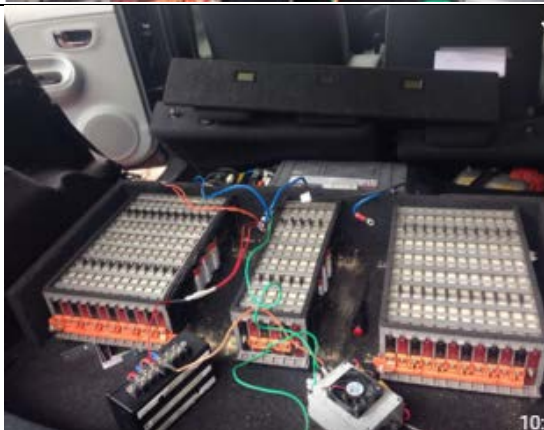
Conexión de los cables de carga hacia el rectificador de corriente con las normas de seguridad ya que estos manejan un valor de corriente elevado .

5



Conexión de la protección ready off bajo, carga en paralelo con el cargador de la batería adicional para que no existan sobre voltajes más adelante en el circuito

6



Instalación de voltímetro y amperímetros para monitorear cada uno de los packs de la batería adicional en relación a carga y descarga.

7



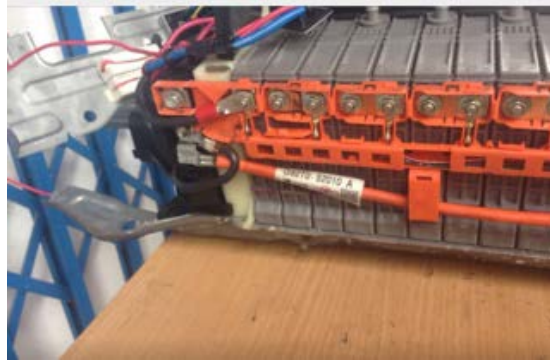
Conexión y recubrimiento termoplástico para disminuir riesgos de cortocircuito

8



Instalacion del rectificador de corriente, el cual junto al circuito regulador permite que la carga de corriente sea siempre la correcta

9



Conexión en paralelo de la baterias, la adicional y original, para tener de referencia el mismo sensor de corriente el cual permite el paso de la corriente de la bateria adicional a la original.

10



Instalación del sistema de alto voltaje adicional y rectificador para establecer el paso de corriente para el funcionamiento en conjunto de las dos baterías.

11



Conexión del sistema de alto voltaje al sistema de control del vehículo.

12



Conexión del sistema conmutado de relés para sincronización de corriente al inversor.

Concluido los proceso de adaptación, mecánica , eléctrica y electrónica de la propuesta se observa el detalle final en las figuras 4.13 y 4.14 con los instrumentos de medición y monitoreo del sistema que establezcan el óptimo funcionamiento del sistema Plug-in del vehículo Prius C como una alternativa que mejore el sistema de gestión energética del sector automotriz en el Ecuador.



Figura 4.13 Implementación del sistema Plug-in

Fuente: Diego López Guzmán

La implementación de la propuesta del sistema Plug-in en el vehículo Prius C no interfiere en la ergonomía del mismo, pues no interfiere en los espacios y comodidad de los usuarios como se observa en la figura 4.14.



Figura 4.14 Diseño final

Fuente: Diego López Guzmán

De esta manera el vehículo Plug-in implementado en esta propuesta de investigación , se encuentra listo para las pruebas, operación y uso final tomando en cuenta que a través de las diversas adaptaciones se conecta al toma corriente de 110 voltios del domicilio, por un período de 8 horas controlando de no pasar del 80% de carga, para el desempeño diario y que puede ser en cualquier horario del día como se observa en la figura 4.15



Figura 4.15 Conexión del vehículo Plug-in de la propuesta a la red domiciliaria

Fuente: Diego López Guzmán

Si se conecta el vehículo Plug-in Toyota PRIUS C de la propuesta alrededor de 8 horas en las cuales se carga la batería al máximo, esto abastece y proporciona la energía suficiente para su uso durante la jornada diaria, esta propuesta de investigación permite sin duda reducir el consumo de energía fósil y del mismo sistema híbrido, lo que le convierte en una alternativa atractiva de utilización en el sector automotriz.



Figura 4.16 Tanqueo eléctrico al vehículo Plug-in

Fuente: Diego López Guzmán

4.9. Evaluación Tecnológica.

La propuesta de la investigación del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento de los vehículos Toyota Prius C a través de la implementación del sistema PLUG-IN, en general es un aporte en la industria nacional en el sector automotriz que permite elevar la autonomía de los autos híbridos, prolonga la vida útil de la batería de elevado voltaje, reduce la contaminación tecnológica ya que se evita desechar las baterías de este tipo de vehículos las mismas que pueden ser utilizada como la aplicación en estudio, y también nos ayuda con la reducción del consumo de combustible fósil. Esto se ha validado mediante el uso de instrumentos de tecnología de punta así como pruebas bajo condiciones que permiten validar lo investigado.



Figura 4.17 Pruebas de verificación en el sistema Plug-in

Fuente: Diego López Guzmán

En la prueba desarrollada se establece que el sistema de alta tensión del vehículo Plug-in implementado en la propuesta, se elevó la capacidad y autonomía del sistema de alta tensión en el vehículo Toyota Prius C.



Figura 4.18 Verificación de consumo de combustible

Fuente: Diego López Guzmán

De las pruebas en ciudad y carretera se observa que en carretera se obtiene que el vehículo híbrido tiene un consumo de 60 kilómetros por galón mientras que cuando opera como plug-in fue 70 kilómetros por galón como se observa en la figura logrando una disminución de activación del motor de combustión interna.

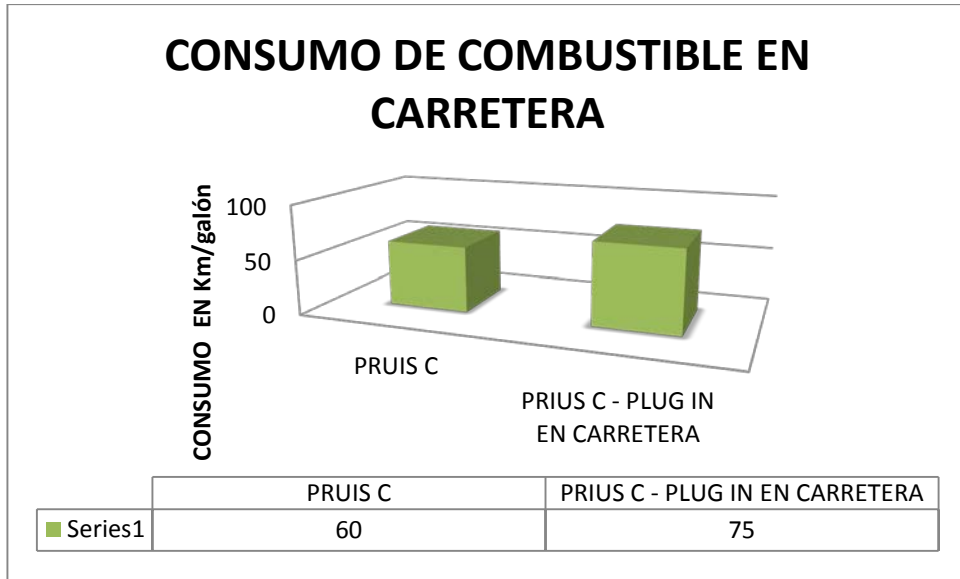


Figura 4.19 Consumo de combustible en carretera

Fuente: Diego López Guzmán

Por otro lado es muy importante el desempeño en ciudad ya que se determinó que cuando funciona con el sistema híbrido se obtiene un rendimiento de 70Km por galón, mientras que cuando se trabaja con el sistema plug-in logra alcanzar un rendimiento de 110Km por galón como se observa en la figura 4.17.

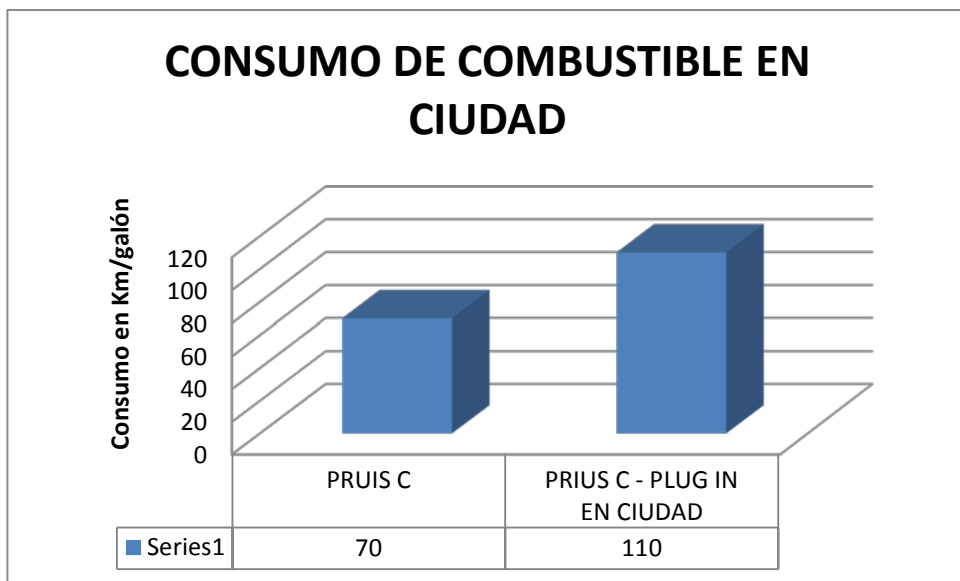


Figura 4.20 Consumo de combustible en ciudad

Fuente: Diego López Guzmán

Es notable la eficiencia que se logra al implementar el sistema plug-in en el vehículo híbrido y por consiguiente la influencia que se logra en el sector automotriz, el porcentaje de mejora cuando trabaja en carretera es del 25% en relación al sistema híbrido.

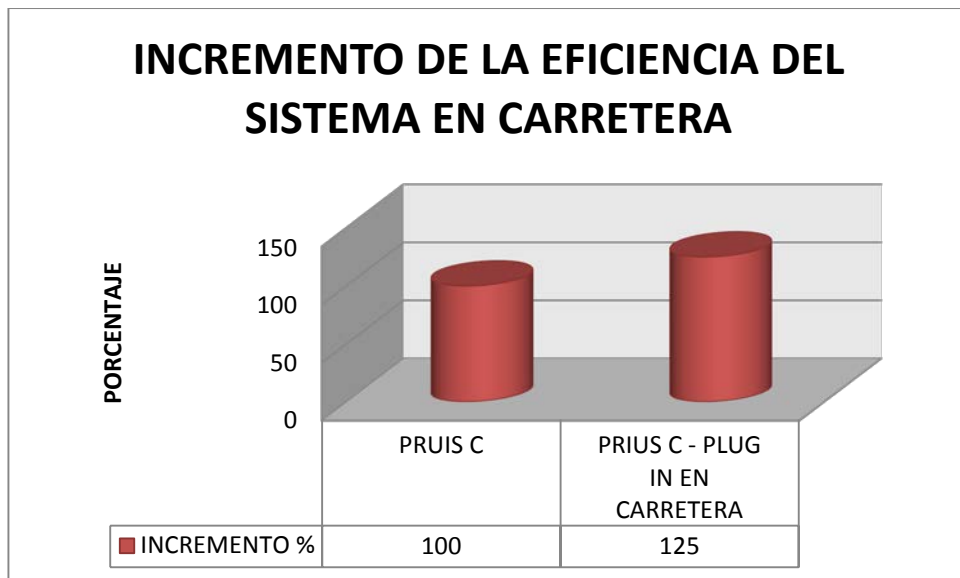


Figura 4.21 Incremento de la eficiencia

Fuente: Diego López Guzmán

En cuanto a la eficiencia que se logra en la ciudad es mucho más importante ya que en la misma media se reducirá el consumo de combustible y la cantidad de emisiones producidas siendo muy beneficioso esto para la salud de las personas, la eficiencia que se consigue con el sistema plug – in es del 57%, lo que prácticamente se demuestra que la propuesta es viable en todo sentido.

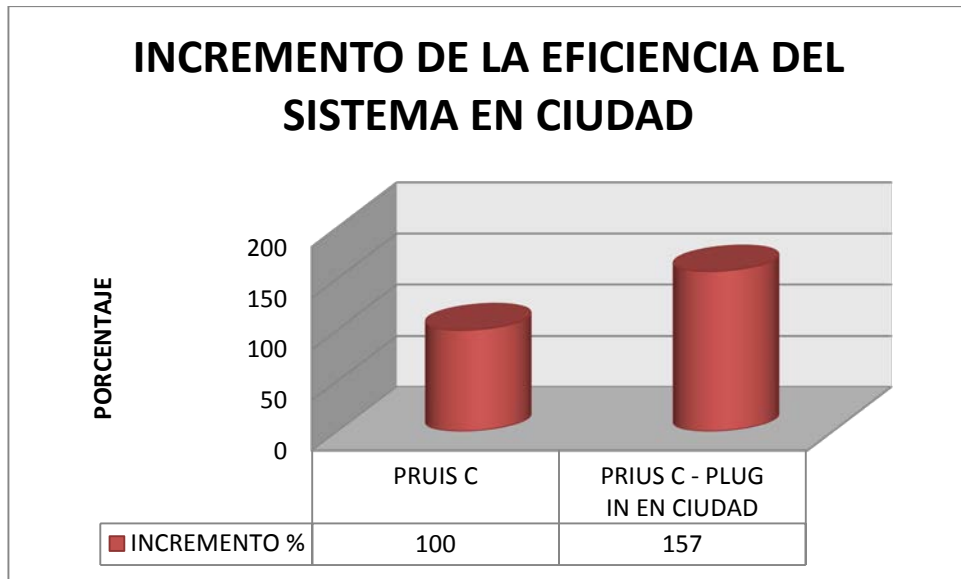


Figura 4.22 Incremento de la eficiencia del sistema

Fuente: Diego López Guzmán

4.10. Análisis de rendimiento y autonomía de auto Prius C híbrido y plug-in

Se comparó en un recorrido inicial de 100 kilómetros, en esta prueba se parte inicialmente con la batería adicional descargada, es decir el sistema se comporta en forma original. Se parte de un estado de carga SOC = 45%. El monitor de consumo muestra luego de recorrer los 100 kilómetros y transcurridos 15 minutos un consumo promedio de 6.6 litros por 100 kilómetros.



Figura 4.23 Panel de verificación de consumo

Fuente: Diego López Guzmán

Al cargar las baterías de alta tensión se parte con un estado de carga del 80% SOC realizando el recorrido de 100Km logrando una reducción del 50% en ciudad y del 25% en la carretera.

4.10.1. Optimización en la conducción

Otra prueba fue realizada para optimizar la conducción observando el monitor de energía y a través del pedal del acelerador se busca el mejor desempeño, iniciando las baterías de alta tensión con un estado de carga SOC del 80%.

Se procedió a cargar las baterías por 4 horas de tal forma de que al colocar START la batería adicional deje pasar la carga a la batería original y el estado de carga de la batería principal aumente.

Se comprobó que el estado de carga SOC es calculado en valores altos en la medida que el voltaje de las baterías supere los 160Voltios.

Partiendo de la condición de alta carga a los pocos minutos el rendimiento mejora conforme pasa carga de la batería adicional a la original. En esta prueba fue posible conseguir períodos de funcionamiento de 3.4 L/100Km.



Figura 4.24 Panel batería Toyota Prius C

Fuente: Diego López Guzmán

La prueba permitió desarrollar la conducción del vehículo por 30 minutos en un recorrido de 15 kilómetros, obteniéndose un rendimiento superior a los 3,4 L/100Km. Estimado este consumo dentro de los más bajos considerados y mejores dentro de este tipo de vehículos.

4.10.2. Determinación del estado de salud

El estado de salud de la batería es el dato que muestra en que nivel de vida se encuentra la batería como se observa en la tabla 4.9 de estado de salud sin la batería adicional del Toyota Prius C el estado se encuentra por un 40 por ciento lo que representa que en breve debe activarse el sistema de carga de alta tensión.

Tabla 4.9 Estado de vida sin batería adicional

TD (parte en minutos)	8	Tiempo de descarga min	
TD (parte en segundo)	38	Tiempo de descarga seg	
ID (Amperes)	2,17	Valor IB del scanner	
SOC Stop	45	SOC cuando MCI se detiene	
SOC Arranque	40	SOC cuando MCI arranca	
CN (Cap. Nom A/H)	6,5		
Tiempo en Minutos	8,63	Tiempo de descarga en minutos	Se
Delta SOC	5,00	Variación del SOC	de
Tasa de descarga	0,31	Tasa en A-h	sar
Capacidad estimada	6,24	Capacidad estimada de la Bateria	roll
SALUD en %	75,07		o
			el

monitoreo de los parámetros de operación implementado el sistema plug-in, analizando la prueba del estado de vida de la batería adicional, se confirma que el estado de salud sobrepasa el valor máximo de capacidad de la batería de elevado voltaje del Toyota Prius C, el mismo que alcanza un valor del 117,59% que confirma que este parámetro es decisivo en la reducción de la operación del motor de combustión y con eso reducir el consumo de

combustible, reducción de emisiones y la prolongación de la vida útil de la misma .Se establece que una batería de elevado voltaje tiene un promedio de vida de 5 años, si se implementa este sistema mejorará en la proporción que mejora su estado de salud en al menos un 50% esto sería en unos 8 ó 9 años o más dependiendo de la calidad de mantenimiento y monitoreo que se realice al sistema, el mismo que es de reducido mantenimiento.

Tabla 4.10 Estado de salud con batería adicional

TD (parte en minutos)	10	Tiempo de descarga min
TD (parte en segundo)	34	Tiempo de descarga seg
ID (Amperes)	2,17	Valor IB del scanner
SOC Stop	45	SOC cuando MCI se detiene
SOC Arranque	40	SOC cuando MCI arranca
CN (Cap. Nom A/H)	6,5	
Tiempo en Minutos	10,57	Tiempo de descarga en minutos
Delta SOC	5,00	Variación del SOC
Tasa de descarga	0,38	Tasa en A-h
Capacidad estimada	7,64	Capacidad estimada de la Bateria
SALUD en %	117.59	

4.11. Influencia socio económico de la propuesta.

La propuesta sin duda es relevante en el ámbito económico y social ya que se genera una oportunidad de actividad laboral y de inserción, será necesario realizar inversiones para generar la propuesta encaminada incluso a permiten que se genere empleo para personas de sectores vulnerables.

En el aspecto social tiene notable interés ya que al reducir el consumo de combustible también se reduce la contaminación del aire, que trae consecuencias graves en la salud de los seres vivos.

De otro lado es una oportunidad para que personas relacionadas con el sector automotriz puedan aplicarse y emprender en empleos relacionados con la adaptación y creación de sistemas plug-in.

Socialmente representa un ahorro en el manejo de recursos por parte de los usuarios entre el 25% y 57% aproximadamente con un costo de implementación muy accesible.

4.12. Impacto ambiental.

La propuesta tiende a reducir el impacto ambiental en el sector automotriz y en el ámbito energético, ya que por un lado se está dando utilidad a baterías de elevado voltaje que cumplieron su ciclo de trabajo en vehículos híbridos además esto genera una utilidad adicional en el nuevo sistema plug-in. Es decir , en lugar que este tipo de baterías vayan a contaminar les estamos dando un mejor uso con todos los beneficios especificados anteriormente.

Por otro lado el ambiente también se ve favorecido ya que se reducirá la producción de emisiones generadas por vehículos híbridos en un 25% al 57% ya que esa medida se dejará de quemar combustible fósil.

Conclusiones generales

Una vez concluida la presente investigación de estudios de la Maestría en Gestión de Energías se presentan las conclusiones con el propósito de que sirvan como fuente de consulta a personas y profesionales con diversos niveles de formación.

Se acudió a referencias bibliográficas relevantes de textos, revistas y publicaciones indexadas referidas a vehículos híbridos, enchufables y eléctricos.

Se evaluó el aumento de la capacidad de una batería de elevada tensión en un vehículo Toyota Prius, aumentando su autonomía eléctrica 57% en Ciudad y 25% en carretera.

Se reduce el impacto ambiental por efecto de la industria automotriz al reutilizar una batería de elevada tensión en este caso la del vehículo Toyota Highlander.

Se reduce la activación del motor de combustión interna de un 25% a 57% y por consiguiente el uso de combustible fósil así como la producción de emisiones contaminantes.

Se utilizó equipos de medición y diagnóstico de tecnología de punta en la adecuación del sistema plug-in en el vehículo Toyota Prius C.

Se evaluó el potencial energético de la batería de elevado voltaje de un vehículo en el sistema plug-in, la misma que tiene una capacidad de 6.5 amperios hora y un voltaje nominal de 276V en 30 celdas.

Se utilizó una fuente de alimentación externa de corriente alterna domiciliar de 110V a 60 Hz para realizar la carga de vehículo plug-in propuesto.

Se determinó que al utilizar una batería adicional cargada por medio de la red eléctrica, el software del automóvil sometido a las pruebas acude menos a la utilización del motor de combustión interna lo que evidentemente aumenta la vida útil del mismo lo que conlleva a una menor contaminación por el reemplazo de piezas mecánicas.

Se valoró la contaminación que ocasiona las baterías de elevado voltaje al ser reemplazadas de los vehículos híbridos y todo el proceso que conlleva en su tratamiento como desecho contaminante.

Recomendaciones

Investigar sobre aplicaciones adicionales que se pueden generar a través del uso de baterías de alta tensión que se constituyen en basura tecnológica.

Realizar estudios en otras marcas de vehículos híbridos de tal manera de poder aumentar su autonomía en todas las marcas y modelos.

Utilizar software actualizado y calibrar los distintos equipos e instrumentos de tal manera de obtener siempre mediciones exactas y confiables.

Realizar una investigación desarrollando modelación matemática.

Impulsar el uso de la tecnología híbrida y eléctrica en los distintos automotores que ingresan al país para generar un impacto positivo en la polución de las grandes y pequeñas ciudades.

Utilizar equipo de protección personal ya que son sistemas de elevado voltaje que al no ser utilizados podrían ocasionar la muerte.

Desarrollar estudios para implementar una planta industrial de reutilización de las celdas utilizadas en las baterías de elevada tensión de tal manera de bajar la contaminación que generan este tipo de desechos tóxicos además de disminuir el consumo de combustibles fósiles.

Los vehículos eléctricos aún tienen una autonomía limitada, esta investigación nos da la pauta para desarrollar temas enfocados en superar este inconveniente.

Bibliografía

- AEADE. (03 de 12 de 2014). AEADE. Recuperado el 04 de 04 de 2016, de <https://issuu.com/suplementosgec/docs/asociacionempresasautomotricesvp>
- Augeri , F. (11 de Septiembre de 2012). Batería de Alta Tensión. CISE, Buenos Aires.
- Augeri, F. (11 de Septiembre de 2010). Batería de Alta Tensión en el Toyota Prius Híbrido. CISE, Buenos Aires.
- Augeri, F. (2010). Ford Escape Híbrido. CISE, Buenos Aires.
- Augeri, F; Lopez, D. (2013). Mantenimiento y reparacion de baterias hibridas. Energia Mecanica innovacion y futuro, 5-10.
- Bautista M. (2009). Metodología de la investigación. Caracas: TALIPIP.
- Chancusig, F. (11 de 2014). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8649/1/CD-5818.pdf>
- Chancusig, F. (11 de 2014). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8649/1/CD-5818.pdf>
- Chancusig, F. (11 de 2014). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8649/1/CD-5818.pdf>
- Córdova E. (2015). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8160/1/UPS-KT01026.pdf>
- Erazo, G. (2013). “Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución”. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Espinoza, L., Erazo, G., & Mena, L. (2012). Diseño y aplicación de un protocolo de mantenimiento, diagnóstico y reparación del sistema de baterías de vehículos híbridos. Latacunga.

Hadley , Stanton W. (09 de 2006). U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Obtenido de <http://info.ornl.gov/>: <http://info.ornl.gov/sites/publications/files/Pub3198.pdf>

Hernández J. (2007). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.

Iniesta, Á. (06 de 2015). UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Obtenido de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23352/TFG_Alvaro_Iniesta_Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Michaels , S. D. (2012). Union of Concerned Scientists. Obtenido de <http://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work#.V74z-E3hDIU>

Orozco, M. (4 de 6 de 2015). importacion de aitos hibridos. El comercio, pág. 4.

Orozco., M. (04 de 08 de 2015). elcomercio. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/cuotas-importacion-afectaron-oferta-hibridos.html>

Pallisé, J. (2015). Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Obtenido de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Vehiculo-Electrico-II-fenercom-2015.pdf>

Piñeiro E. (2013). El vehiculo electrico y su infraestructura de carga. España: Marcambo.

Ramirez R. (2006). Como hacer un proyecto de investigación. Caracas: Panapo.

Ruiz R. (2007). El método científico y sus etapas. México: Reverte.

Sabino C. (2006). El proceso de investigación. Buenos Aires: Panamericana.

Toyota. (2013). The hybrid that started it all. Recuperado el 6 de Octubre de 2013, de <http://www.toyota.com/prius/>

Toyota Motor. (2013). Hybrid 2010 model 3rd generation.

Toyota, C. (2013). Manual de Servicio. Japón.

U.S DEPARTAMENT OF ENERGY. (08 de 2015). afdc.energy.gov. Obtenido de http://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/hpev_spanish.pdf

