

**EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO
UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS
COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”**

Realizado por:

ANGEL FIALLO POALASIN

Director del proyecto:

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Ph.D.

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EFICIENCIA
ENERGÉTICA**

Quito, marzo 2021

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ANGEL JAVIER FIALLO POALASIN, con cédula de identidad # 1803743432, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Angel Javier Fiallo Poalasin', is written over a light blue rectangular background.

FIRMA

180374343-2

**EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO
UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS
COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”**

Realizado por:

ANGEL JAVIER FIALLO POALASIN

como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EFICIENCIA
ENERGÉTICA**

ha sido dirigido por el profesor

EDILBERTO LLANES CEDEÑO, Ph.D.

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. Llanes', is centered on the page.

FIRMA

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

JULIO LEGUISAMO MILLA

JESÚS LÓPEZ VILLADA

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

Quito, marzo de 2020

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con todo mi cariño para mi familia de manera especial a mi esposa quienes han puesto toda su confianza para lograr un objetivo más en mi vida.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mi esposa por ser el apoyo incondicional en mi vida que, con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para someter a:

To be submitted:

Evaluación del ecodriving aplicado a vehículos híbridos como una herramienta de eficiencia energética.

Angel Fiallo Poalasin^{1*}, Edilberto Llanes-Cedeño², Julio Leguisamo Milla²

Jesús López Villada¹

¹ Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador.

² Universidad Internacional SEK, Facultad de Arquitectura e Ingenierías, Quito, Ecuador.

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA:

Teléfono: 0959731780; email: angelfiallo2021@gmail.com

Título corto o Running title: Evaluación de las baterías de alta tensión de vehículos híbridos.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Resumen.

Los vehículos híbridos (VH) pueden ayudar a reducir las emisiones del transporte, sin embargo, el comportamiento del usuario tiene un efecto significativo en el ahorro de energía que se logra realmente en el uso diario. El objetivo de presente trabajo es evaluar la eficiencia de las baterías de alta tensión en un vehículo Toyota Prius 2010, mediante la experimentación y uso de equipos de medición automotriz (scanner automotriz), aplicando el ecodriving para su aplicación masiva en los vehículos híbridos. La metodología aplicada se selecciona una ruta con tráfico validada por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación de Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV). Como vehículo de pruebas se utiliza un Toyota Prius de segunda generación por ser el de mayor venta en la ciudad y a nivel nacional. Para la medición del SOC y temperatura de las baterías de alta se utiliza el software Toyota TIS Techstream porque es fiable. El análisis de resultados se realiza mediante Excel. En los resultados se obtiene que la eficiencia de las baterías con ecodriving es del 86% y en la temperatura 7.5%. Se concluye que una conducción eficiente puede ser considerada como una herramienta de eficiencia energética pues incrementa la eficiencia de las baterías de alta tensión tanto en SOC como en temperatura de las mismas.

Palabras clave: Ecodriving; VH (Vehículo Híbrido); CCICEV; Toyota Prius; SOC; temperatura.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Abstract.

Hybrid vehicles (HV) can help reduce emissions from transportation, however user behavior has a significant effect on energy savings that is actually achieved in everyday use. The objective of this work is to evaluate the efficiency of high voltage batteries in a 2010 Toyota Prius vehicle, through experimentation and use of automotive measurement equipment (automotive scanner), applying ecodriving for its massive application in hybrid vehicles. The applied methodology selects a route with traffic validated by the Technology Transfer Center for Vehicle Emissions Control Training and Research (CCICEV). A second-generation Toyota Prius is used as the test vehicle as it is the best-selling in the city and nationally. Toyota TIS Techstream software is used to measure the SOC and temperature of the high batteries because it is reliable. The analysis of results is carried out using Excel. The results show that the efficiency of the batteries with ecodriving is 86% and at the temperature 7.5%. It is concluded that efficient driving can be considered as an energy efficiency tool as it increases the efficiency of high voltage batteries both in SOC and in temperature.

Keywords: Ecodriving; VH (Hybrid Vehicle); CCICEV; Toyota Prius; SOC; temperature.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Introducción.

Enfrentando el desafío de sostenibilidad global de reducir la ecología emisiones de gases contaminantes, la electrificación del transporte por carretera se ha convertido en un tendencia principal (Dijk et al., 2013), y los vehículos eléctricos híbridos (HEV) en particular se están extendiendo cada vez más (Al-Alawi y Bradley, 2013). Los HEV son clave para transporte sostenible por carretera, ya que pueden reducir el consumo de combustible sin necesidad de cambios complejos en la infraestructura de suministro de energía estructura (en contraste con el complemento o los vehículos eléctricos). Todavía, en última instancia, la sostenibilidad depende en gran medida de la energía real eficiencia que los usuarios logran en el uso diario. El comportamiento del usuario es, por lo tanto, un factor crítico con respecto al efecto final que tales sistemas tienen para hacer que el sistema de transporte por carretera sea más eficiente y sostenible.

La conducción ecológica ha surgido como un término que abarca todos los influencia que los usuarios tienen sobre la eficiencia energética de un vehículo en una carretera en el mundo real (Barkenbus, 2010), .

Además de medidas estratégicas y tácticas de conducción ecológica por ejemplo la presión de los neumáticos, elección de ruta; (Sivak y Schoettle, 2012), específico conductas de conducción, es decir, estrategias de conducción ecológica operativa son un elemento central de la conducción ecológica (Sivak y Schoettle, 2012) . Las transmisiones de los vehículos híbridos han sido discutidas como particularmente desafiantes (McIlroy y Stanton, 2015) debido a la novedad de su dinámica energética (p. ej., dinámica de consumo de electricidad propulsión, flujo de energía bidireccional resultante de regenerativo frenado). Los HEV representan la transmisión más compleja en este respeto debido a la interacción extremadamente dinámica entre los diferentes componentes de la transmisión y el papel central del flujo de energía nacional. Por lo tanto, maximizar la eficiencia del combustible HEV puede ser considerado particularmente desafiante, no solo requiere ecoconducción, motivación, sino también un nivel suficiente de conocimiento del sistema técnico que este aborde. Desde la perspectiva de la ergonomía verde (Thatcher, 2012), un desafío clave, por lo tanto, es avanzar posición de interacción usuario-energía y ecodriving de los conductores de apoyo esfuerzos.

A partir de lo abordado anteriormente, se identifica la problemática de cómo se comportaría la vida útil de las baterías de alta tensión con una conducción eficiente ecodriving.

La presente investigación tiene el objetivo de evaluar el desempeño de las baterías de alta tensión en un vehículo Toyota Prius 2010, mediante la experimentación y uso de equipos de

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

medición automotriz (scanner automotriz, multímetro automotriz), para la propuesta de un modo de conducción eficiente en vehículos híbridos.

Para cumplir con el objetivo general se llevan a cabo los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar los valores de carga y descarga de las baterías mediante el SOC, realizando pruebas con Global Tech Stream (GTS) software con la conducción normal y ecodriving.
2. Evaluar la temperatura producida por las baterías de alta tensión en una conducción normal y ecodriving con el scanner Global Tech Stream (GTS) software para verificar que baterías tienen mayor temperatura.
3. Analizar y comparar el desempeño de las baterías mediante Excel, para la determinación de diferencias significativas entre ambos modos de conducción.

Vehículos Híbridos

Los vehículos eléctricos EV (*Electric Vehicles*, por sus siglas en inglés), están clasificados en tres tipos: vehículos eléctricos (PEVs), vehículos eléctricos híbridos (HEVs) y los vehículos de eléctricos de celdas de combustible (FCEVs), sus principales características se muestran en la siguiente tabla(Sancan, 2017).

Tabla 1.

Principales características de los tres tipos de vehículos eléctricos.

Tipos de EV	PEV	HEV	FCEV
Fuente de energía	Batería	Batería/ultra capacitor Motor de combustión interna	Celdas de combustible
Técnica de propulsión	Motor eléctrico	Motor eléctrico Motor de combustión interna	Motor eléctrico
Características	Cero emisiones Rango de conducción corto Costos iniciales altos	Bajas emisiones Rango de conducción largo Complejo	Cero emisiones Costos iniciales altos Rango de conducción medio

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Técnicas principales	Control del motor eléctrico Gestión de batería Estrategia de carga	Control del motor eléctrico Gestión de batería Gestionamiento múltiple de fuentes de energía y eficiencia optima del sistema Componentes de grandes	Central de procesamiento de combustible Sistema de combustible Costos de las celdas de combustible
Freno regenerativo	Si	Si	Si

Fuente: A Comprehensive Overview of Hybrid Electric Vehicles; (Shen et al., 2011).

Muchas fábricas de automóviles empezaron a producir autos eléctricos los cuales estaban disponibles tanto para la venta o el alquiler al público en general, pero debido a la baja demanda, frecuentemente se suspende su producción, por el inconveniente que presentan con su autonomía, lo cual significó un verdadero reto en la investigación y el desarrollo de una tecnología que permita obtener vehículos con cero emisiones. La industria automotriz japonesa, específicamente la marca Toyota y Honda, introdujeron al mercado en el año 1990 los vehículos híbridos con los modelos Prius e Insight respectivamente. Honda utilizó la configuración paralela y Toyota la configuración serie - paralelo en sus vehículos híbridos, estos modelos representan una moderna escuela para este tipo de vehículos (*Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, Second Edition - Iqbal Husain - Google Libros*, n.d.).

Los vehículos híbridos están compuestos por un motor de combustión interna a gasolina más pequeño y ligero, un motor eléctrico, generador, transmisión, batería para el motor eléctrico y un tanque de combustible pequeño para el MCI, el término más empleado para referirse a estos vehículos es HEV, en otras palabras, estos vehículos combinan dos métodos de propulsión, en uno su fuente de energía está almacenada y el otro transforma la energía del combustible fósil. La electrónica en estos vehículos permite que el motor eléctrico actúe como motor y como generador, al disminuir la marcha del vehículo, por medio del freno, el motor eléctrico actúa como generador cargando las baterías, cuando se acelera el motor eléctrico absorbe la energía de las baterías, en carreteras el motor de combustión no necesita de toda su energía y se puede recargar las baterías mientras avanza. Los fabricantes de vehículos los

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

consideran como el paso intermedio para pasar de vehículos con MCI a vehículos con motores eléctricos (Sancan, 2017).

El MCI de un HEV no obedece a la definición habitual de un motor a gasolina como lo estableció August Otto, sino que utiliza un ciclo termodinámico que inicio el inglés Atkinson y lo puso a punto el americano Millar por el año 1940. Al ciclo Millar también se lo conoce como el “ciclo de cinco tiempos” lo que permite obtener un rendimiento superior al de los motores de ciclo Otto, aunque su potencia específica es débil esta es compensada por la potencia del motor eléctrico.

Tabla 2.

Características comparadas de un vehículo híbrido y otro convencional de similares prestaciones (Extraídos catalogo Toyota).

Características	Híbrido (Prius)	Convencional (Avensis)
Motor de gasolina		
Cilindrada (cm³)	1 497	1 794
Relación de compresión	13,0:1	10,0:1
Potencia máxima (CV/rpm)	78 (57 KW) / 5 000	129 (95 KW) / 6 000
Par máximo (N.m/rpm)	115 / 4 000	170 / 4 200
Velocidad máxima (km/h)	170	200
Aceleración 0-100 km/h (s)	10,9	10,3
Coefficiente aerodinámico	0,26	0,28
Motor eléctrico		
Tensión nominal (V)	500	-
Potencia máxima (CV/rpm)	68 (50 KW) / 1 200 – 1 540	-
Par máximo (N.m/rpm)	400 / 0-1 200	-
Batería híbrida Ni-metal hidruro		
Tensión nominal (V)	201,6	-
Capacidad (Ah)	6,5 (3 h)	-
Peso (kg)	39	-
Rendimiento HSD (híbrido)		
Potencia máxima (CV/rpm)	111 (82 KW) / desde 85	

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

	km/h	
Par máximo (N.m/rpm)	478 / hasta 22 km/h	
Datos ambientales		
Consumo combinado (1/100 km/h)	4,3	7,2
Consumo urbano (1/100 km/h)	5,0	9,4
Emisión CO₂ combinado (g CO₂ / km)	104	171
Emisión CO₂ urbano (g CO₂ / km)	115	223
CO (g/km)	0,18	0,48
Hidrocarburos (g/km)	0,02	0,03
NO_x (g/km)	-	0,05
Partículas (g/km)	-	-
Ruido dB (A)	19	73

Fuente: (Sancan, 2017)

Control en HEV.

El aspecto más crítico en el diseño HEV es obtener resultados más efectivos controlando la conversión de energía en el tren motriz, por lo tanto, el controlador. El diseño de HEV es el punto clave del proceso de diseño. Las estrategias para el control motriz en HEV se detallan a continuación.

El objetivo de las estrategias de control es satisfacer una serie de objetivos para HEV (Offer et al., 2010):

1. Minimización del consumo de combustible o máximo de economía de combustible.
2. Minimización de emisiones.
3. Buena capacidad de conducción.

Control de vehículos en HEV.

El sistema de control de HEV es muy complejo. El control jerárquico multinivel es muy importante para el control de sistemas complejos a gran escala (Huang, 2006).

El controlador HEV consta de un intérprete de comando del conductor, controlador del

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

sistema del vehículo y controlador electrónico El controlador del sistema del vehículo es el que decide el nivel de decisión para decidir las demandas de torque del motor, generador, ICE, y freno mecánico según el par del conductor, velocidad del vehículo y estado de carga de la batería (SOC), donde el SOC se estima mediante la gestión de la batería sistema (BMS), la velocidad del vehículo es alimentada por el sensor.

BMS, SOC de la batería

El sistema de gestión de batería (BMS) es una de las partes más importantes de un vehículo eléctrico. Como el núcleo de BMS, la estimación del estado de carga (SOC) tiene un efecto extremadamente considerable en la seguridad, dinámica y economía de los vehículos eléctricos. Si se puede obtener un SOC exacto, se puede usar el rango de SOC de las baterías podrían extenderse (Wang et al., 2006). Por lo tanto, una batería más pequeña podrá satisfacer la demanda de electricidad.

La precisión de la estimación de SOC depende de la precisión del modelo de batería (Wang et al., 2006).

Por lo tanto, manteniendo la coherencia de un modelo de batería y sus características reales bajo uso real el entorno se convierte en el punto clave para garantizar la precisión de la estimación del SOC.

Ecodrive

La conducción ecológica es un término utilizado para describir el uso eficiente de la energía de vehículos. Es una forma importante de reducir el consumo de energía de sistema de transporte por carretera para que se use menos energía para viajar la misma distancia (Petit & Sciarretta, 2011).

En las últimas décadas, la tecnología del motor y el rendimiento del automóvil han mejorado rápidamente, mientras que los conductores no han adaptado su comportamiento (estilo de conducción). La idea de la conducción ecológica es determinar la trayectoria de velocidad que minimiza el consumo de energía del vehículo bajo restricciones finales de tiempo y distancia. Esta pregunta se puede formular como un problema de control óptimo (OCP) como en (Petit y Sciarretta, 2011). El ecodriving se abordó para vehículos convencionales en (Sciarretta et al., 2015), para automóviles eléctricos en (Dib et al., 2014) y para híbridos coches eléctricos en (Dib et al., 2014)

Principios y técnicas del Ecodriving

Beusen (2009), llevó a cabo un estudio de 10 meses que involucran a 10 conductores, teniendo en cuenta la distancia recorrida, velocidad del motor, presión del pedal del acelerador,

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

consumo de combustible actual y promedio, velocidad media del motor cuando el conductor cambia a una velocidad más alta (el valor tomado es entre 2000 y 2500 RPM), porcentaje de tiempo del vehículo se mueve en ciertos engranajes bajo la inercia, su consumo de combustible siendo igual a 0 litros por 100 km, porcentaje de tiempo vehículo acelera o desacelera rápidamente, porcentaje del tiempo de inactividad, porcentaje de distancia recorrida en óptimo velocidad del motor (entre 1100 y 1700 RPM), así como Porcentaje de distancia recorrida a velocidades superiores a 120 km/h.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Materiales y Métodos

Metodología

En el presente trabajo de investigación se adoptó una estrategia para evaluar el SOC de las baterías de alta tensión de los vehículos híbridos al realizar una prueba en ruta en la ciudad de Quito. Determinando dos variables de estudio, la primera consiste en una conducción normal y la segunda está determinada por una conducción ecodriving. Se conoce como conducción normal del vehículo a la manera de conducir habitualmente durante un recorrido, mientras que el ecodriving consiste en una serie de normas que debe aplicar el conductor al conducir el mismo recorrido. En las pruebas ejecutadas el conductor es el mismo, y primero se ejecutan las pruebas de conducción normal y después de una capacitación de 8 horas se realizan las pruebas de ecodriving.

Materiales

El ecodriving es un conjunto de pasos, técnicas y comportamientos que los conductores emplean para obtener ahorros en términos de uso de combustible, costo del viaje, las emisiones de CO y otros tipos de contaminación provenientes del uso del vehículo (Yanzhi, et al, 2017). Los consejos para conducir con ecodriving en vehículos a gasolina y con transmisión manual son: los cambios de marcha debe hacerse tan pronto como sea posible por lo general entre 2000 y 2500 rpm, circular en marchas largas y a bajas revoluciones, usar la primera marcha solo para poner en movimiento el vehículo, mantener la velocidad de marcha, evitar acelerones y frenazos, decelerar con el freno motor, detener el auto utilizando solo el freno, no utilizar el punto muerto cuando se frena, aprovechar la inercia del vehículo siempre que sea posible, en las paradas no escalar todas las marchas sino mantener la marcha puesta hasta pisar el embrague y detenerse (Beusen et. al., 2009; Ho, Wong y Chang, 2015; Rionda, Martínez, Pañeda, Arbesú y Jiménez, 2012)

Para medir el SOC y temperatura de las baterías de alta tensión se utilizó un scanner automotriz de la fábrica de Toyota Global Tech Stream (GTS) software.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

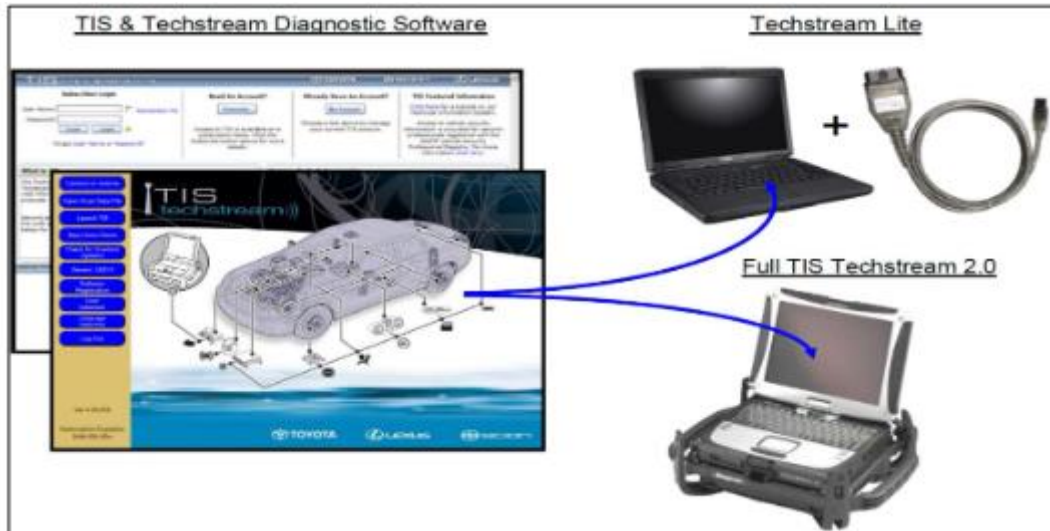


Figura 1. Global Tech Stream (GTS).

Para las investigaciones experimentales se utilizó el vehículo Toyota Prius 2010, cuyas características técnicas se detallan en la tabla 2. Se seleccionó este auto, puesto que, según las estadísticas de ventas anuales de vehículos en el Ecuador, en la provincia de Pichincha, capital Quito, desde el año 2009 hasta el año 2020 es el más vendido. Antes de realizar las pruebas el vehículo fue sometido a una revisión mecánica y electrónica de su estado, se le efectuó un mantenimiento preventivo para garantizar el perfecto estado de los sistemas.

Tabla 2.

Características del vehículo de prueba

Características	Híbrido (Prius)
	Motor de gasolina
Cilindrada (cm ³)	1 497
Relación de compresión	13,0:1
Potencia máxima (CV/rpm)	78 (57 KW) / 5 000
Par máximo (N.m/rpm)	115 / 4 000
Velocidad máxima (km/h)	170
Aceleración 0-100 km/h (s)	10,9
Coefficiente aerodinámico	0,26
Tensión nominal (V)	500
Potencia máxima (CV/rpm)	68 (50 KW) / 1 200 – 1 540
Par máximo (N.m/rpm)	400 / 0-1 200
Tensión nominal (V)	201,6
Capacidad (Ah)	6,5 (3 h)
Peso (kg)	39
Potencia máxima (CV/rpm)	111 (82 KW) / desde 85 km/h

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Par máximo (N.m/rpm)	478 / hasta 22 km/h
Datos ambientales	
Consumo combinado (1/100 km/h)	4,3
Consumo urbano (1/100 km/h)	5,0
Emisión CO2 combinado (g CO2 / km)	104
Emisión CO2 urbano (g CO2 / km)	115
CO (g/km)	0,18
Hidrocarburos (g/km)	0,02
NOx (g/km)	-
Partículas (g/km)	-
Ruido dB (A)	19

Ruta de prueba

Para determinar el SOC y temperatura de las baterías de alta tensión, se selecciona una ruta desarrollada por el CCICEV de la ciudad de Quito, el cual se ha desarrollado con base en la orografía del terreno, densidad del tráfico e infraestructura vial de la ciudad como se observa en la figura 4. La ruta consta de una distancia de 9990 m de recorrido suburbano y 8100 m de recorrido urbano. Tiene una variación de altura de 2399 metros hasta 2870 como punto más alto. La longitud de la ruta se puede distribuir en el 59 % del total de recorrido plano o con pendientes menores 3 grado, el 16 % contiene pendientes de grado 4, el 6 % pendientes de grado 6, el 10 % pendientes de grado -4 y el 9 % pendientes de grado -6 (Quichimbla y Solís, 2017).



Figura 2. Recorrido de la prueba de ruta

Protocolo de prueba

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se desarrolla un protocolo de pruebas que se describe en los siguientes ocho puntos:

- 1) Verificar que el sistema de escape del vehículo no tenga perforaciones ni fugas;
- 2) Verificar que la presión de los neumáticos sea la recomendada por el fabricante del vehículo;
- 3) Encender el vehículo y calentar el motor hasta que alcance la temperatura de operación normal que corresponde a 95 °C;
- 4) Revisar que los accesorios del vehículo estén desactivados;
- 5) Verificar el correcto funcionamiento de los equipos;
- 6) Iniciar en la ruta seleccionada;
- 7) Grabar los datos obtenidos en el computador; y,
- 8) Repetir el procedimiento para cada prueba con conducción normal y con ecodriving.

Se realizaron cinco pruebas de cada tipo de conducción, para determinar si entre los grupos experimentales existe diferencia significativa, se usó el análisis mediante Excel.

Diseño de experimento.

Para la investigación se analiza la variación de las variables de: SOC, Temperatura (°C), con la aplicación de los diferentes métodos de conducción normal y ecodriving en vehículo de prueba. Para el análisis estadístico se establece la nomenclatura que se indica en la tabla 3 para las variables independientes y dependientes.

Tabla 3

Designación de nomenclatura para las variables de estudio

PARÁMETROS DE LA BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN		
CONDUCCIÓN	Temperatura (°C)	SOC (%)
Normal	34	0.71
	35	0.52
	34	0.55
	33	0.45
	33.6	0.74
Ecodriving	32	0.63
	31	0.45
	32	0.62
	31	0.68

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

31.5

0.7

El análisis y comparación de resultados se realiza mediante la aplicación de Excel que permitirán una mejor comprensión de los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Resultados y Discusión.

Luego del desarrollo de las pruebas indicadas en la metodología se realiza el análisis de los valores obtenidos en la variación de SOC, y temperatura de las baterías de alta tensión.

Resultados del SOC.

En la figura 3 se indica los valores del SOC promedio obtenido en el vehículo Toyota Prius.

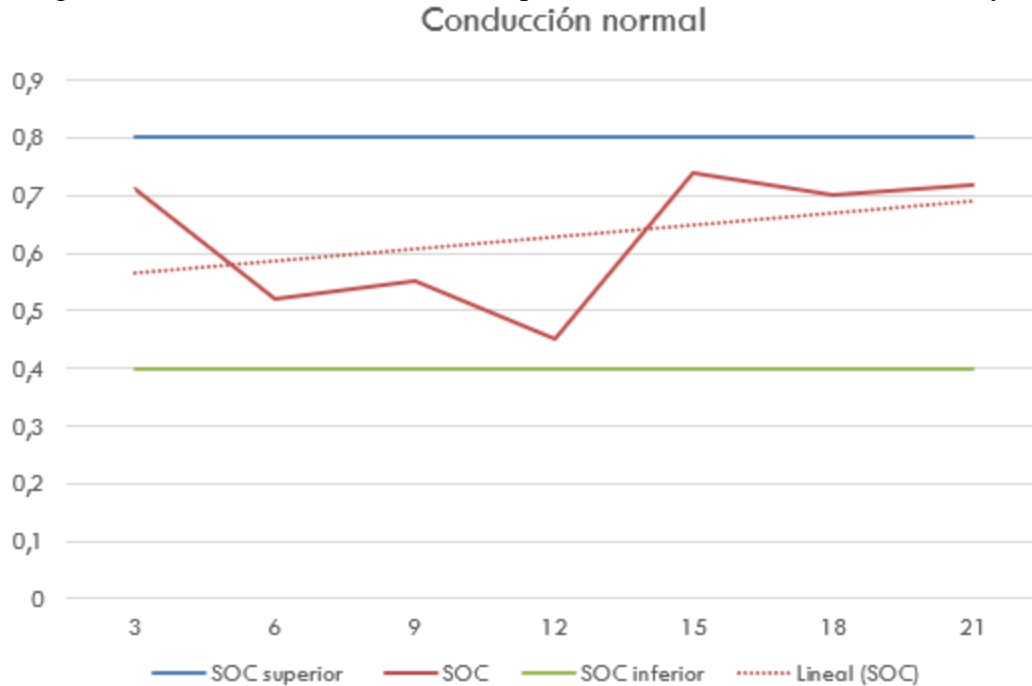


Figura 3. SOC vs Tiempo en conducción normal.

El SOC obtenido en la conducción normal de vehículo toyota Prius muestra un promedio de 0.62 el SOC máximo y 0.45 el SOC mínimo.

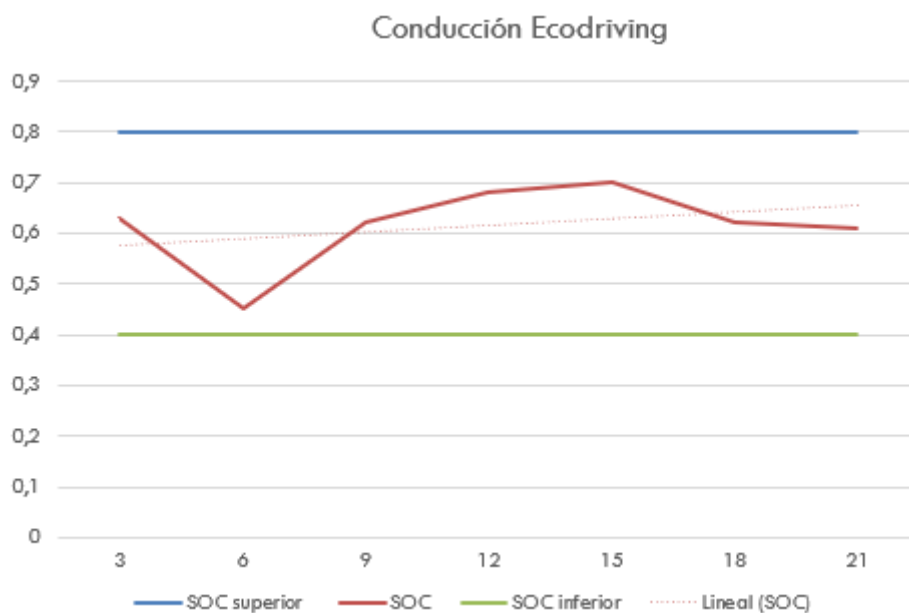


Figura 4. SOC vs Tiempo en conducción ecodriving.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En figura 4, se indica los resultados de la prueba de SOC con conducción ecodriving en el vehículo Toyota Prius el rango máximo es de 0.63 como mínimo y 0.7 como máximo lo que nos indica que conducción el SOC permanece constante.

Tabla 4

Eficiencia del ecodriving

TIPO DE CONDUCCIÓN	SOC (%)
Normal	0.6
Ecodriving	0.7

Resultados de Temperatura.

La figura 5 presenta el valor de la temperatura de las baterías de alta tensión, la temperatura con ecodriving es menor en 7.5 % es decir menos 3 °C.

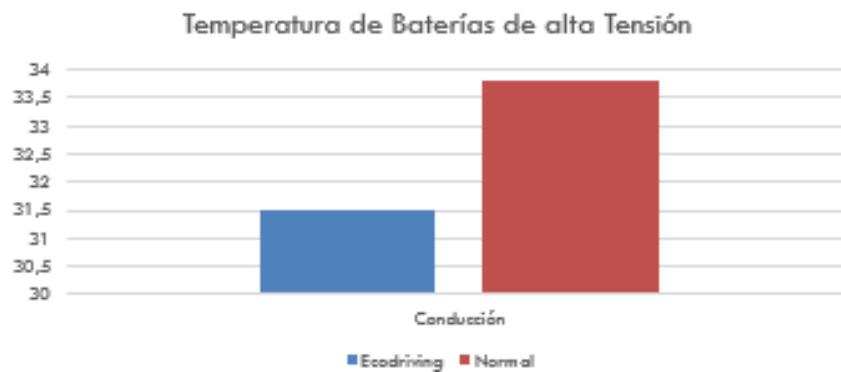


Figura 5. Temperatura de las baterías de alta tensión.

Para calcular la eficiencia de la batería se utiliza la fórmula:

$$SOC(t) = SOC_0 - \frac{n_{batt}}{Q_{nom}} * \int_{\tau=t_0}^t i(\tau) d\tau$$

Con lo cual se obtiene la eficiencia en la tabla que a continuación se detalla.

Tabla 5

Eficiencia de las baterías

TIPO DE CONDUCCIÓN	n_{batt}
Normal	0.8
Ecodriving	0.85

El error promedio del SOC es del 2% (Ning, B., Xu, J., Cao, B., Wang, B., & Xu, G.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

(2016)).

El voltaje se alcanza al 70% de la carga y permanece constante (Quintero-Montenegro, A. M., Mendoza-Grosso, C. C., Santamaría, F., & Alarcón-Villamil, J. A. (2018). En vehículos híbridos alcanza al 80%.

La estrategia de control puede reducir el consumo de combustible y mantener el SOC equilibrado en vehículos híbridos (SOC inicial 0,7 SOC Final 0,79) (Huang, M., y Yu, H. (2006).) el SOC con ecodrive 0,63 conducción normal 0,56.

La restricción SOC es satisfecho automáticamente por la discretización de la variable de estado, que se establece entre 0,6 y 0,8. (Pisu, P., y Rizzoni, G. (2007)). Los valores de SOC están entre 0,4 y 0,8.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Conclusiones.

Luego de realizar las pruebas de SOC y Temperatura con conducción normal y ecodriving, se obtienen las siguientes conclusiones:

El análisis del SOC y la temperatura en el vehículo Toyota Prius al aplicar el modo de conducción normal con respecto al ecodriving, evidenció la reducción de temperatura en las baterías de y una estabilidad del SOC con lo que las baterías sufren menos descargas y cargas. La mayor temperatura y baja del SOC se obtuvieron en donde se tiene mayor altura Av. Napo y Av. Gran Colombia y la menor temperatura y SOC en el Trébol y Av. Colon.

La prueba de ruta utilizando el equipo Global Tech Stream (GTS) en el vehículo, permitió determinar los factores de temperatura y SOC, mediante los cuales se concluye que la eficiencia de las baterías y su vida útil al aplicar ecodriving aumentan de manera significativa. La implementación del ecodriving en un automóvil en la ciudad de Quito-Ecuador puede ser considerada como una estrategia para la vida útil de las baterías de alta tensión de un vehículo híbrido VEH y una herramienta para incrementar la eficiencia energética en las baterías.

La utilización del equipo Global Tech Stream (GTS) para la cuantificación de temperatura y SOC en VEH, en un trayecto real previamente seleccionado y caracterizado, resulta ser el método más idóneo para los estudios de las baterías de alta tensión aplicado al transporte. Los dos factores con un porcentaje de variación de temperatura y SOC superan el 3%.

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Alawi, B. M., & Bradley, T. H. (2013). Review of hybrid, plug-in hybrid, and electric vehicle market modeling Studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 190–203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.048>
- Barkenbus, J. N. (2010). Eco-driving: An overlooked climate change initiative. *Energy Policy*, 38(2), 762–769. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.021>
- Beusen, B., Broekx, S., Denys, T., Beckx, C., Degraeuwe, B., Gijsbers, M., Scheepers, K., Govaerts, L., Torfs, R., & Panis, L. I. (2009). Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(7), 514–520. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.05.009>
- Dib, W., Chasse, A., Moulin, P., Sciarretta, A., & Corde, G. (2014). Optimal energy management for an electric vehicle in eco-driving applications. *Control Engineering Practice*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2014.01.005>
- Dijk, M., Orsato, R., & Kemp, R. (2013). The emergence of an electric mobility trajectory. *Energy Policy*, 52, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.024>
- Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, Second Edition - Iqbal Husain - Google Libros*. (n.d.). Retrieved July 11, 2020, from https://books.google.com.ec/books?id=7AAWH_63HuAC&printsec=frontcover&dq=hybrid+vehicles&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=hybrid+vehicles&f=false
- Huang, M. (2006). *Optimal Multilevel Hierarchical Control Strategy for Parallel Hybrid Electric Vehicle*. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2006.364369>
- McIlroy, R. C., & Stanton, N. A. (2015). A decision ladder analysis of eco-driving: the first step towards fuel-efficient driving behaviour. *Ergonomics*, 58(6), 866–882. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.997807>
- Offer, G., Howey, D., Contestabile, M., Clague, R., & Brandon, N. P. (2010). Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system. *Energy Policy*, 38, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.040>
- Petit, N., & Sciarretta, A. (2011). Optimal drive of electric vehicles using an inversion-based trajectory generation approach. *IFAC Proceedings Volumes*, 44(1), 14519–14526. <https://doi.org/https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.01986>
- Sancan, D. (2017). Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de

EVALUACIÓN DEL ECODRIVING APLICADO A VEHÍCULOS HÍBRIDOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los motores de combustión interna. *INNOVA Research Journal*, 2, 1–10.

<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n12.2017.527>

Sciarretta, A., De Nunzio, G., & Ojeda, L. L. (2015). Optimal Ecodriving Control: Energy-Efficient Driving of Road Vehicles as an Optimal Control Problem. *IEEE Control Systems*, 35(5), 71–90. <https://doi.org/10.1109/MCS.2015.2449688>

Shen, C., Shan, P., & Gao, T. (2011). A Comprehensive Overview of Hybrid Electric Vehicles. *International Journal of Vehicular Technology*, 2011.

<https://doi.org/10.1155/2011/571683>

Sivak, M., & Schoettle, B. (2012). Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy. *Transport Policy*, 22, 96–99.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.05.010>

Thatcher, A. (2012). Green ergonomics: Definition and scope. *Ergonomics*, 56.

<https://doi.org/10.1080/00140139.2012.718371>

Wang, J., Chen, Q., Cao, B., & Kang, L. (2006). Study on the charging and discharging model of Ni/MH battery module for electric vehicle. *Hsi-An Chiao Tung Ta Hsueh/Journal of Xi'an Jiaotong University*, 40, 50-52+119.